

ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

SOLAR TRACKING



โดย
นาย จูติสานต์ ชีระทาน
นาย จิรพันธ์ เจริญพงษ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42631
วัน, เดือน, ปี - 5 ส.ย. 2545

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

SOLAR TRACKING



โดย

นาย จูติศานต์ ขิระทาน รหัสประจำตัว 40010203

นาย ชัยมพันธ์ เจริญพงษ์ รหัสประจำตัว 40010205

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (SOLAR TRACKING)

ผู้จัดทำ

1. นาย จูติศานต์ ขิระทาน รหัสประจำตัว 40010203
2. นาย ชิมพันธ์ เจริญพงษ์ รหัสประจำตัว 40010205

ลงชื่อ.....

(...อ. วนิชฐา แซ่ตั้ง ...)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (SOLAR TRACKING)

จัดทำโดย

1. นาย วุฒิสานต์ จิระทาน เลขประจำตัว 40010203

2. นาย ทิมพันธ์ุ เจริญพงษ์ เลขประจำตัว 40010205

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้

ลงชื่อ

(...อ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง...)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (SOLAR TRACKING)

นาย จูติสานต์ จิระทาน

นาย จีฬพินธุ์ เจริญพงษ์

อ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์นี้ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์(Solar cells panel)เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงในแนวที่ตั้งฉาก จะทำให้ได้รับพลังงานสูงสุด โดยอาศัยหลักการบังเงาจากดวงอาทิตย์บนตัวต้านทานที่ลดค่าความต้านทานตามความเข้มของแสง(Light Decreasing Resistance) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ เมื่อประกอบกับวงจรเปรียบเทียบ(Comparator) แล้ว นำมาเป็นข้อมูลส่งไปยังส่วนประมวลผลกลาง ซึ่งใช้ MCS-51 เป็นตัวประมวลผล ตามโปรแกรมควบคุม แล้วส่งไปยังวงจรจับ เพื่อขับมอเตอร์กระแสตรง ให้เคลื่อนชุดตรวจจับไปในตำแหน่งตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา และเมื่อนำชุดตรวจจับไปติดตั้งร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงในแนวตั้งฉากเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLAR TRACKING

Mr. THITISAN KHIRATHAN

Mr. THEEKAPUN CHAROENPONG

Miss KHANITTHA SAETUNG(Advisor)

Educational Year 2000

Abstract

The Solar Tracking is the equipment can be applied to use with the solar cells panel. We uses the Light Decreasing Resistance(LDR) as a detector and change the detected signal to compare the light intensity. The output from the comparator is brought to the microcontroller. The data processed from microcontroller is used control motors,which drives the solar cells panel to the direction that is perpendicular to the sun light.

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ | I |
| ABSTRACT | II |
| สารบัญ | III |
| สารบัญรูปภาพ | V |
| สารบัญตาราง | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 อุบัติการณ์หลักที่นำมาประยุกต์ใช้และธรรมชาติของแสงอาทิตย์ | 2 |
| 2.1 ตัวต้านทานไวแสง(LDR) | 2 |
| 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ | 4 |
| 2.3 ระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ | 20 |
| 2.4 แนวความคิดในการเลือกกระบบ | 29 |
| บทที่ 3 ระบบติดตามตำแหน่ง | 31 |
| 3.1 ส่วนประมวลผลและขยายพอร์ต์ | 31 |
| 3.2 วงจรเปรียบเทียบ(Comparator) | 35 |
| 3.3 วงจรขับ(Driver Circuit) | 38 |
| 3.4 วงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสงอินฟราเรด | 40 |
| 3.5 ส่วนของฐานเวลา (Real Time Clock) | 40 |
| บทที่ 4 ผลการทดลอง | 42 |
| 4.1 ผลการทดลองการทำงานของส่วนต่างๆ | 42 |
| 4.2 ผลการทดลองการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ของชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ | 45 |
| บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง | 48 |
| 5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง | 48 |
| 5.2 แนวทางการพัฒนา | 49 |
| ภาคผนวก ก | 51 |
| ภาคผนวก ข | 83 |

หนังสืออ้างอิง

85

กิตติกรรมประกาศ

86



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง | 2 |
| รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความไวของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน | 3 |
| รูปที่ 2.3 วงจรแบ่งแรงดัน | 4 |
| รูปที่ 2.4 การต่อ LDR อนุกรมกับ โวลท์มิเตอร์ | 4 |
| รูปที่ 2.5 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระยะทางจากโลกกับดวงอาทิตย์ | 5 |
| รูปที่ 2.6 โครงสร้างของดวงอาทิตย์ | 6 |
| รูปที่ 2.7 แสดงสเปกตรัมของความรับอับรังสีแสงอาทิตย์(Solar Spectral Irradiance) | 7 |
| รูปที่ 2.8 การกระจายของรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งรับได้นอกบรรยากาศของโลก ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากดวงอาทิตย์เท่ากับระยะระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ | 8 |
| รูปที่ 2.9 แสดงสเปกตรัมสุริยชนอกชั้นบรรยากาศและที่ระดับพื้นดิน | 9 |
| รูปที่ 2.10 คำจำกัดความของ“แอร์แมส” (Air Mass) | 11 |
| รูปที่ 2.11 การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ที่แอร์แมส(Air Mass) ต่างๆ | 11 |
| รูปที่ 2.12 แสดงการ โคจรของ โลกรอบดวงอาทิตย์ | 12 |
| รูปที่ 2.13 มุมเอซิมุทของดวงอาทิตย์(Sun Azimuth Angle) และ มุมอัลติจูด (Altitude Angle)ของดวงอาทิตย์ | 13 |
| รูปที่ 2.14 การเปลี่ยนฤดูกาลแสดงภาพที่มองจากทางโคจร โดยแสงอาทิตย์เข้าทางด้านขวามือ | 14 |
| รูปที่ 2.15 (ก) การเคลื่อนที่ของโลกที่อิกวินอกซ์ แสดงเขมิทของจุด 23.5 องศา ตอนเที่ยง | 15 |
| รูปที่ 2.15 (ข) การเคลื่อนที่ปรากฏของโลกที่อิกวินอกซ์ ที่เส้นรุ้งต่างๆกัน | 15 |
| รูปที่ 2.15 (ค) การเคลื่อนที่ของโลกที่โซลสติซส์ฤดูหนาว(Winter Solstice) | 16 |
| รูปที่ 2.15 (ง) การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้งต่างๆกัน (21 ธันวาคม) | 16 |
| รูปที่ 2.15 (จ) การเคลื่อนที่ของโลกที่โซลสติซส์ฤดูร้อน(Summer Solstice) | 17 |
| รูปที่ 2.15 (ฉ) การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้งต่างๆกัน (21 มิถุนายน) | 17 |
| รูปที่ 2.16 การเคลื่อนที่ปรากฏประจำวันของดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้ง φ องศาเหนือ ในโซลสติซส์ ฤดูร้อนและฤดูหนาว และที่อิกวินอกซ์ | 18 |

| | |
|---|----|
| รูปที่ 2.17 ภาพด้านข้างและด้านบนของการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์สำหรับจุด สังเกตการณ์ที่เส้นรุ้ง φ องศาเหนือ | 18 |
| รูปที่ 2.18 พลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบระดับ และบนระนาบเอียง | 19 |
| รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์แบบวงรอบเปิด | 20 |
| รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ แบบวงรอบปิด | 23 |
| รูปที่ 2.21 การเปรียบเทียบทางโดยการบังให้เกิดเงา | 24 |
| รูปที่ 2.22 แสดงความแตกต่างที่มุมต่างๆ และความสูงของฉากกั้นที่ต่างๆ กัน | 26 |
| รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะของรังสี โดยมีฉากกั้น 2 แผ่น | 27 |
| รูปที่ 2.24 ลักษณะรังสีเปรียบเทียบกับจำนวนแผ่นกั้น | 27 |
| รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดติดตามตำแหน่ง | 31 |
| รูปที่ 3.2 วงจรส่วนประมวลผลและขยายพอร์ต | 33 |
| รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งของ LDR บนชุดเซ็นเซอร์ | 35 |
| รูปที่ 3.4 แสดงการต่อ LDR ในลักษณะของวงจรแบ่งศักดาไฟฟ้า | 36 |
| รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบ(Comparator) | 37 |
| รูปที่ 3.6.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณขาบวกและเอาต์พุตของ High bit | 38 |
| รูปที่ 3.6.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณขาบวกและเอาต์พุตของ Low bit | 38 |
| รูปที่ 3.7.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ Output Op-amp High bit | 38 |
| รูปที่ 3.7.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ Output Op-amp Low bit | 38 |
| รูปที่ 3.8 วงจรขับ(Driver Circuit) | 39 |
| รูปที่ 3.9 แสดงวงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสงอินฟราเรด | 40 |
| รูปที่ 3.10 แสดงการต่อใช้งาน DS12887 | 41 |
| รูปที่ 3.11 แสดงการต่อใช้งาน LCD | 41 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 3.1 แสดงการถอดรหัสของไอซีเบอร์ 74LS138 | 34 |
| ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของขาไอซีเบอร์ 74LS138 กับขา CS ของ อุปกรณ์ต่างๆในวงจร | 34 |
| ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ใน การเคลื่อนที่ตามแนวระดับ | 42 |
| ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ใน การเคลื่อนที่ตามแนวตั้ง | 43 |
| ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการจ่ายกระแสให้กับวงจรทั้งหมด | 44 |
| ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาที่ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2544 | 45 |
| ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ วันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2544 | 46 |
| ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาที่ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2544 | 47 |

บทที่ 1

บทนำ

ไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อมวลมนุษยชาติเป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถแปลงไปสู่พลังงานรูปแบบต่างๆได้สะดวก และพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ผลิตขึ้นโดยใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ก๊าซธรรมชาติ หรือน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น เป็นผลทำให้เกิดมลพิษและอุณหภูมิของโลกก็จะสูงขึ้น ซึ่งพลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้าเหล่านี้ในวันก็จะหมดลงเรื่อยๆ จึงจำเป็นต้องหาพลังงานอื่นมาทดแทน และไม่ว่าจะเกิดปัญหามลพิษตามมา พลังงานจากแสงอาทิตย์ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง และได้มีการศึกษาและพัฒนามานานแล้วที่จะนำพลังงานนี้มาใช้

ถึงแม้ว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์จะได้รับความสนใจเป็นอย่างมากแต่ยังไม่ค่อยมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ Solar cells ซึ่งใช้ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ยังมีราคาแพง และประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถนำไปป้อนให้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง เพราะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และมีขนาดของกระแสและศักดาไฟฟ้าต่ำ ต้องใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ประกอบ เพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีศักดาไฟฟ้าและกระแสที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน และถ้าหากต้องการให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานสูงสุด ต้องให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงในแนวตั้งฉาก

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ในโครงการวิศวกรรมนี้ ได้ทำชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์สูงสุด

1.2 หลักการเบื้องต้นของชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

โดยใช้ LDR (Light Decreasing Resistance) เป็นตัวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงด้วยวิธีบังเงา แล้วส่งข้อมูลมาให้ตัวเปรียบเทียบ (Comparator) เพื่อเปรียบเทียบให้เกิด ดิจิตอล บิต (Digital bit) 0 และ 1 ส่งบิต 0 และ 1 นี้ มาแสดงผลออก LED (Light Emitting Diode) และส่งข้อมูลไปยัง 8255 ให้ตัวประมวลผล MCS-51 ทำการประมวลผล หลังจากนั้นจะให้ข้อมูลออกมาให้วงจรขับ (Driver circuit) เพื่อให้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ให้เคลื่อนชุดตรวจจับไปยังตำแหน่งที่ตั้งฉากกับแสงจากดวงอาทิตย์

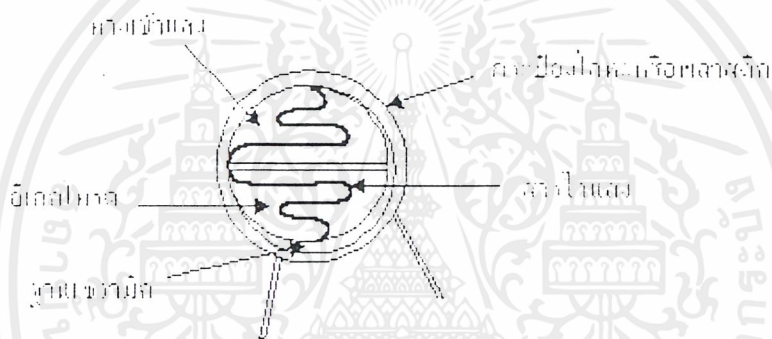
บทที่ 2

อุปกรณ์หลักที่นำมาประยุกต์ใช้และธรรมชาติของแสงอาทิตย์

ในโครงการมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุมซึ่งสัมพันธ์กับแสงจึงต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับ อุปกรณ์เสริมและข้อมูลต่างๆ เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ดังนี้

2.1 ตัวต้านทานไวแสง(LDR)

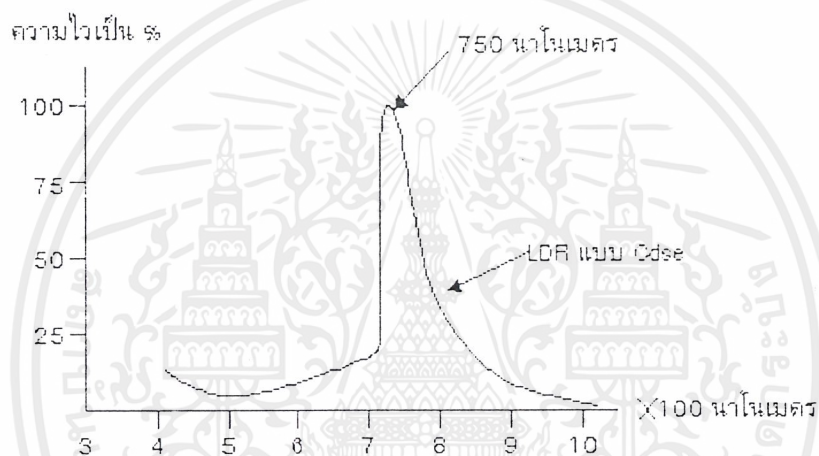
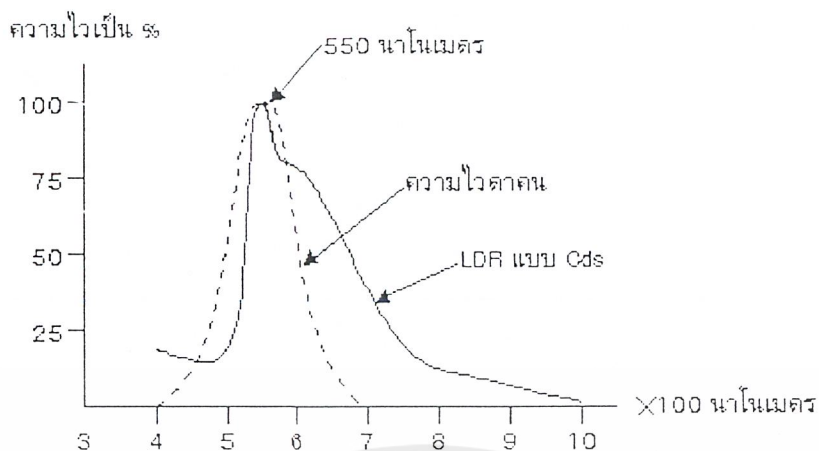
ตัวต้านทานไวแสง (Light Decreasing Resistor) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า LDR ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์(CdSe) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาอาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขจากสารที่อาบเอาไว้ออกมา ดังโครงสร้างในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง

2.1.1 คุณสมบัติทางแสงของ LDR

LDR ไวต่อแสงบนช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 10^{-9} เมตร) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700นาโนเมตร) นั่นคือ LDR ไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไฟ หรือหลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป)



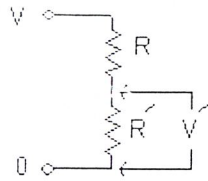
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความไวของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน

2.1.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ LDR

อัตราส่วนของความต้านทาน LDR ขณะที่ไม่มีการส่องกับในขณะที่มีแสง อาจมีค่าต่างกัน 100 , 1,000 , 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่น ความต้านทานในขณะไม่มีการส่องจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 MW ขึ้นไป และความต้านทานในขณะมีการส่องจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 kW ลงมาจนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลท์ และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 mW

2.1.3 การวัดความต้านทานของ LDR

เนื่องจาก LDR ทนกำลังไฟได้เพียงประมาณ 50 mW ดังนั้นถ้าเราใช้อิทธิมาตร วัดความต้านทานของ LDR อาจทำความเสียหายให้กับ LDR ได้ เราอาจวัดความต้านทานของ LDR ได้โดยอ้อม โดยอาศัยวงจรแบ่งแรงดัน เราได้ความสัมพันธ์ระหว่าง V และ V ดังรูปที่ 2.3



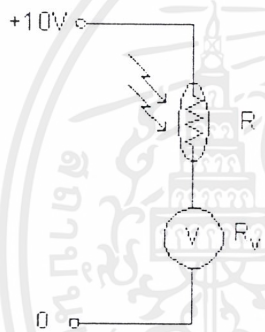
$$V' = (R/R+R).V$$

ดังนั้นค่า R จึงเป็น

$$R = R'[(V/V')-1]$$

รูปที่ 2.3 วงจรแบ่งแรงดัน

เราสามารถนำหลักการนี้วัดความต้านทานของ LDR ได้ โดยการต่อ LDR อนุกรมกับโวลท์มิเตอร์แล้วต่อกับแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.4



ความต้านทาน R จะหาได้จาก

$$R = Rv[(V/V')-1]$$

โดยที่ $V = 10$ โวลท์

V' = แรงดันที่อ่านได้จากโวลท์มิเตอร์

Rv = ความต้านทานของโวลท์มิเตอร์ซึ่งมีค่าเป็น 20 kΩ

รูปที่ 2.4 การต่อ LDR อนุกรมกับโวลท์มิเตอร์

ดังนั้นถ้าตั้งสเกลของโวลท์มิเตอร์ไว้ที่ 10 V ความต้านทานของโวลท์มิเตอร์จะเป็น $(10)(20k) = 200 \text{ kW}$ หรือตั้งสเกล 5 V จะได้ Rv เป็น $(5)(20k) = 100 \text{ kW}$ เป็นต้น

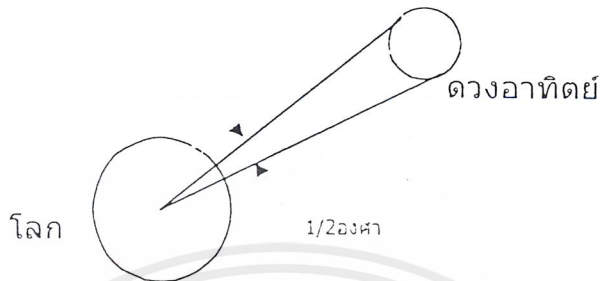
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์

2.2.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.39×10^6 กิโลเมตร มีมวลเท่ากับ 1.99×10^{30} กิโลกรัม และมีมวลหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen) ในปริมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือเป็นธาตุฮีเลียม (Helium) และธาตุหนักอื่นๆ เช่น เหล็ก ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกเฉลี่ย 1.496×10^8 กิโลเมตร เพราะฉะนั้น ณ จุดใดๆ บนพื้นโลกมองขึ้นไปยังดวง

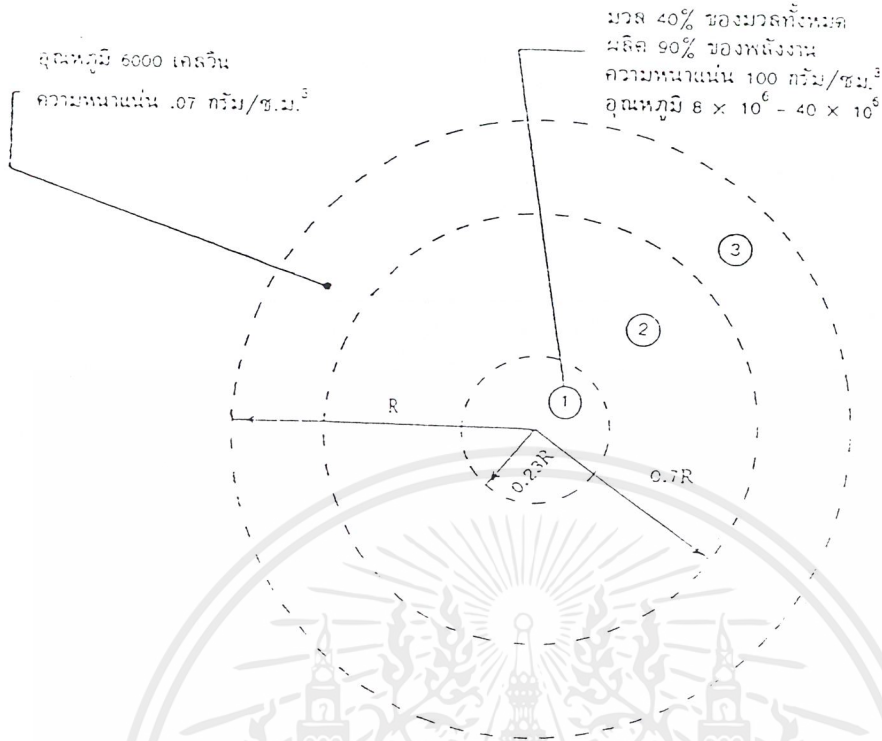
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาทิตย์ จะเห็นดวงอาทิตย์ครอบคลุมขนาดไปประมาณ $1/2$ องศา ดังรูปที่ 2.5 และจากที่ทราบว่าโลก หมุนรอบตัวเองใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ดังนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตำแหน่งไป 1 องศา จะใช้เวลา 4 นาที



รูปที่ 2.5 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระยะทางจากโลกกับดวงอาทิตย์

โครงสร้างของดวงอาทิตย์แบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณตามที่แสดงในรูปที่ 2.6 บริเวณแรกอยู่โดยรอบศูนย์กลางในรัศมี $0.23R$ เมื่อ R คือรัศมีของดวงอาทิตย์ขนาดของแก่นนี้เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์หนึ่งของมวลทั้งหมด ซึ่งทำให้มีความหนาแน่นมวลประมาณ 100 เท่าของความหนาแน่นน้ำ และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 8×10^8 ถึง 40×10^8 องศาเคลวิน (Kelvin) อะตอมของธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen) จะรวมกันหรือหลอมเข้าด้วยกันเป็นธาตุฮีเลียม (Helium) ซึ่งหนักกว่า แต่โดยที่มวลของธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen) ที่รวมกันหนักกว่ามวลของฮีเลียม (Helium) นิวเคลียส จึงมีมวลส่วนหนึ่งหายไป มวลจำนวนนี้เปลี่ยนเป็นพลังงานปริมาณมหาศาลถ่ายเทออกสู่ผิวนอกของดวงอาทิตย์ บริเวณที่สองอยู่ถัดจากบริเวณแรกออกมาถึงตำแหน่ง $0.7R$ ความหนาแน่นมวลและอุณหภูมิลดลง พลังงานซึ่งผลิตจากบริเวณที่หนึ่งจะถ่ายเทผ่านบริเวณนี้ออกสู่ภายนอก บริเวณที่สามอยู่ถัดจากบริเวณที่สองถึงผิวนอกดวงอาทิตย์ ความหนาแน่นมวลลดลงเหลือประมาณ 0.07 เท่าของความหนาแน่นมวลของน้ำ อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 6000 องศาเคลวิน พลังงานที่ผลิตได้จากภายในและถ่ายเทมาที่บริเวณนี้จะแผ่รังสีออกไปโดยรอบ



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของดวงอาทิตย์

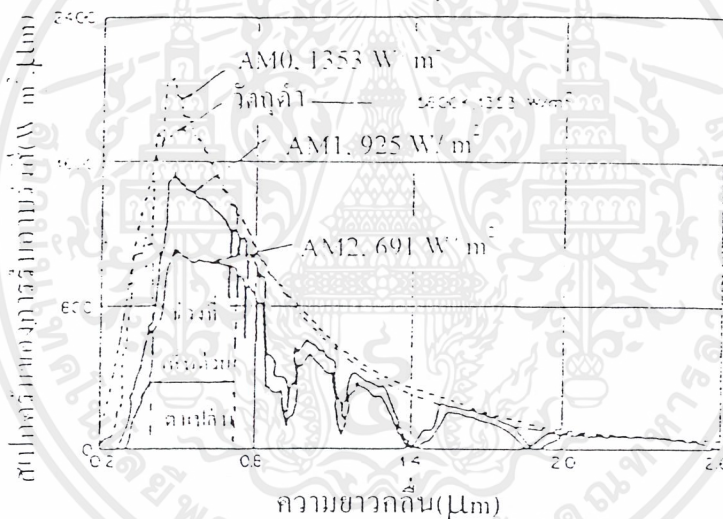
2.2.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญในระบบสุริยะจักรวาล พลังงานที่เกิดบนดวงอาทิตย์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน (Thermonuclear Fusion) ของไฮโดรเจน (Hydrogen) 4 อะตอม มาเป็นฮีเลียม (Helium) 1 อะตอม มวลที่หายไปในปฏิกิริยานี้กลายเป็นพลังงาน ความสูตรของไอน์สไตน์คือ $E=mc^2$ ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นมาแล้ว 4.5 พันล้านปี และคาดว่าจะยังมีไฮโดรเจนเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยานี้อีกประมาณ 4.5 พันล้านปี นับเป็นเวลานานหลายชั่วอายุของมนุษย์ ดังนั้นจึงมักได้ยินคำกล่าวอยู่เสมอว่า ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่จะมีให้ใช้ได้ตลอดไป ซึ่งดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.39×10^6 กิโลเมตร อยู่ห่างจากโลกเฉลี่ย 1.496×10^8 กิโลเมตร การแผ่รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์สู่ชั้นบรรยากาศนอกโลกประมาณเทียบได้กับการแผ่รังสีของวัตถุดำ (Black Body) อุณหภูมิยังผลเป็น 5762 องศาเคลวิน (Kelvin) ดังรูปที่ 2.7 เป็นสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่วัดในอวกาศกับพื้นโลก โดยสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ในอวกาศเรียกว่าเป็นสเปกตรัมแบบ AM0 (Air Mass Zero) ส่วนสเปกตรัมบนพื้นโลกที่วัดที่เส้นศูนย์สูตรที่ระดับน้ำทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

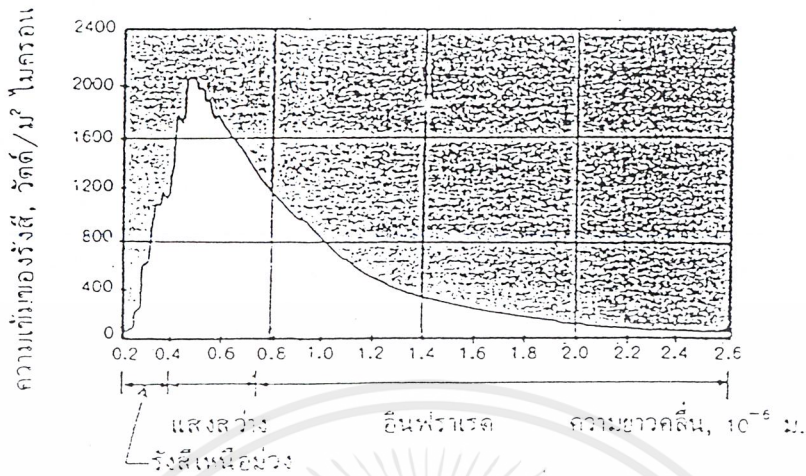
ขณะที่ฟ้าแจ่มใสและดวงอาทิตย์อยู่เหนือหัวเรียกว่า สเปกตรัมแบบ AM1(Air Mass One) หากเป็นการวัดที่ตำแหน่งอื่นๆสเปกตรัมที่ได้จะเป็นแบบ AM2,AM3 แล้วแต่ปริมาณและสภาพบรรยากาศที่แสงผ่าน ตลอดจนความยาวของทางผ่านของแสงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์มีอัตราการปลดปล่อยกำลังงาน 3.85×10^{23} กิโลวัตต์ และบรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับ 1.725×10^{14} กิโลวัตต์ เทียบเป็นพลังงานที่ได้รับใน 1 ปีคือ 1.51×10^{18} กิโลวัตต์

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์จะแปรอยู่ในช่วง 1.5×10^8 กิโลเมตร ± 1.7 เปอร์เซ็นต์ พลังงานแสงอาทิตย์ที่รับได้นอกบรรยากาศที่ระยะห่างดังกล่าวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1400 วัตต์/ตารางเมตร ในช่วงเดือนธันวาคมและเดือนมกราคมและมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1305 วัตต์/ตารางเมตร ในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม โดยเฉลี่ยแล้วพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับได้รายปีเท่ากับ 1353 วัตต์/ตารางเมตร



รูปที่ 2.7 แสดงสเปกตรัมของความรับอาบรังสีแสงอาทิตย์(Solar Spectral Irradiance)

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามาถึงบรรยากาศของโลกเรานั้นอยู่ในรูปของพลังงานรังสี (Radiant Energy) ประกอบด้วยรังสีทุกรูปแบบ เช่น คลื่นวิทยุ ความร้อน แสงสว่าง รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา ความเข้มและความยาวคลื่นของรังสีแสดงในรูปที่ 2.8 พื้นที่ใต้เส้นโค้งแทนปริมาณกำลังงานแสงอาทิตย์ที่รับได้ มีค่าเท่ากับ 1353 วัตต์/ตารางเมตร ดังนั้นขนาดของมอดูเลตขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของรังสีนั้นๆ



รูปที่ 2.8 การกระจายของรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งรับได้นอกบรรยากาศของโลก ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากดวงอาทิตย์เท่ากับระยะระหว่างโลกและดวงอาทิตย์

เนื่องจากพลังงาน 1 โฟตอนของรังสีจากดวงอาทิตย์มีขนาดความถี่หรือความยาวช่วงคลื่นค่ากัน เมื่อพลังงานเข้าสู่บรรยากาศของโลกจะชนกับอะตอมของสสารที่มีขนาดต่างๆกัน การเกิดปฏิกิริยาก็จะต่างกันด้วย ความยาวช่วงคลื่นของแต่ละโฟตอนจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของวัตถุที่จะสามารถดูดกลืนไว้ได้ พลังงาน 1 โฟตอนของรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 10^{-7} เมตร แต่พลังงาน 1 โฟตอนของรังสีอินฟราเรดมีความยาวช่วงคลื่นมากกว่า 100 เท่า ส่วนพลังงาน 1 โฟตอนของแสงมีค่าความยาวช่วงคลื่นระหว่างรังสีทั้งสองนี้ โฟตอนของรังสีอัลตราไวโอเล็ต แสง และรังสีอินฟราเรด อาจถูกดูดกลืนไว้ได้ในอะตอมและโมเลกุล ส่วนโฟตอนของคลื่นวิทยุซึ่งมีความยาวช่วงคลื่นยาวมากนับเป็นร้อยๆเมตร ต้องใช้สายอากาศยาวๆจึงจะรับคลื่นวิทยุได้ นอกจากนี้การดูดกลืนของรังสียังขึ้นกับชนิดของสสาร เช่น แก้วดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตไว้ได้ แต่ปล่อยให้แสงทะลุผ่านไปได้ กระจกอาจใช้กันรังสีอินฟราเรดและแสงไว้ได้ แต่ไม่สามารถจะกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้

2.2.3 ผลกระทบของบรรยากาศโลกต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์

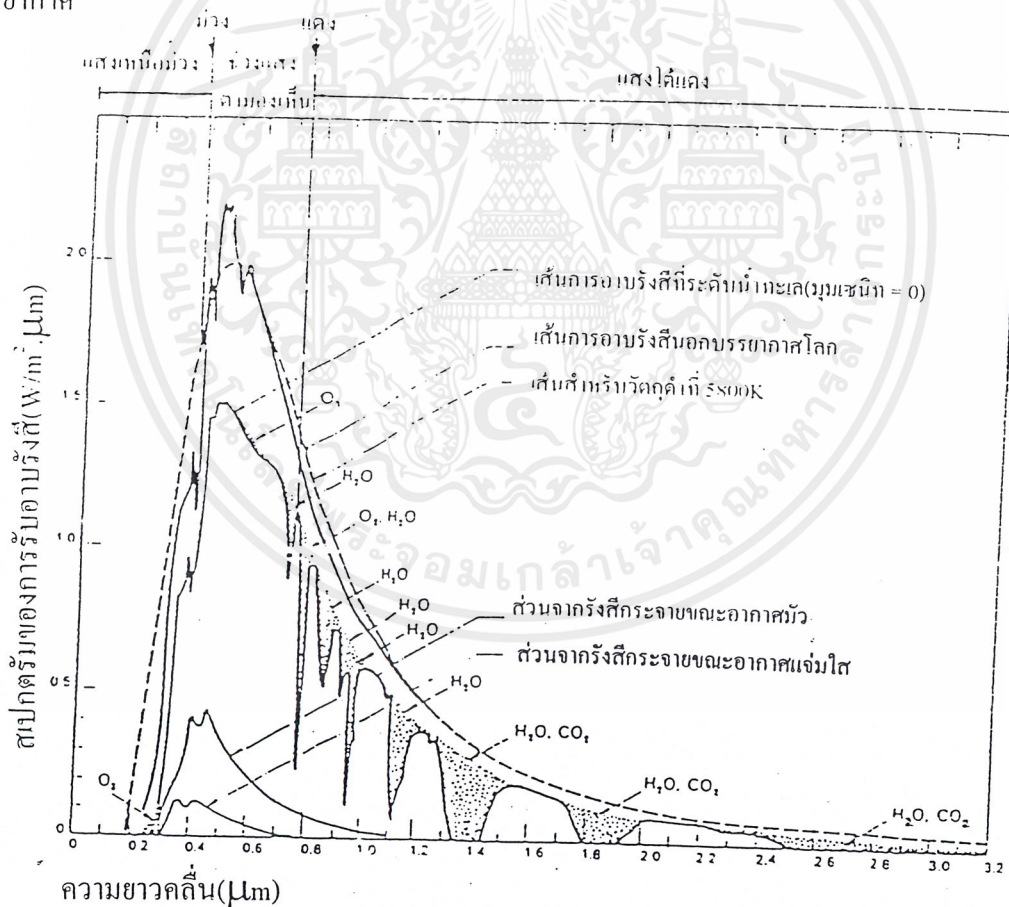
2.2.3.1 บรรยากาศกับการดูดกลืนพลังงานการแผ่รังสี

รังสีแสงอาทิตย์เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศโลกจะถูกดูดกลืนเนื่องจากองค์ประกอบต่างจากกราฟสเปกตรัมสุริยะในบรรยากาศโลก รูปที่ 2.9 จะเห็นว่าความเข้มแสงอาทิตย์ลดลงบางช่วงคลื่นดังนี้

1) ช่วงอัลตราไวโอเลต(Ultraviolet) ความยาวคลื่นต่ำกว่า $0.3\mu\text{m}$ พลังงานของแสงจะถูกดูดกลืนโดย $\text{O}_2, \text{N}_2, \text{O}_3$ ในชั้นไอโอโนสเฟียร์(Ionosphere) โดยเฉพาะ O_3 สามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตได้มากทำให้แสงที่ตกกระทบผิวโลกเกือบไม่มีพลังงานแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตเหลืออยู่

2) ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้(Visible) ความยาวคลื่น 0.4 ถึง $0.75\mu\text{m}$ แสงถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของ C_2, O_3 และน้ำบางส่วน

3) ช่วงรังสีอินฟราเรด(Infrared) ความยาวคลื่นมากกว่า $0.8\mu\text{m}$ แสงถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำและ CO_2 การดูดกลืนนี้อยู่ในชั้นบรรยากาศใกล้ผิวโลกและทำให้เกิดความร้อนขึ้นในชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 2.9 แสดงสเปกตรัมสุริยะนอกชั้นบรรยากาศและที่ระดับพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 8.0-12.0 μm บรรยากาศจะโปร่งแสงเรียกช่วงนี้ว่า หน้าต่างของบรรยากาศ (Atmospheric window) ที่ความยาวคลื่นสูงกว่านี้แสงอาทิตย์จะถูกดูดกลืนโดยน้ำและ CO_2 เกือบหมด นอกจากนี้แสงยังถูกสะท้อนและกระเจิงโดยฝุ่นละอองในอากาศ คLOUD และก้อนเมฆ พวกที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงหรือโตกว่าความยาวคลื่น การกระเจิงโดยโมเลกุลอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นรังสีเป็นไปตามทฤษฎีของเรลีย์ (Rayleigh)

2.2.3.2 รังสีตรงและรังสีกระจาย

ผลกระทบของบรรยากาศที่มีต่อการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวโลกประกอบด้วยรังสี 2 ส่วนคือ

1) รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) รังสีส่วนนี้เป็นรังสีที่พื้นโลกได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์มีทิศทางที่แน่นอนถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงของมุมตกกระทบบนพื้นที่ต่างๆบนโลกไปตามเวลาก็ตาม บางครั้งเรียกรังสีตรงว่าเป็นรังสีช่วงคลื่นสั้น รังสีตรงเหมาะกับการใช้งานสำหรับอุปกรณ์รวมแสง

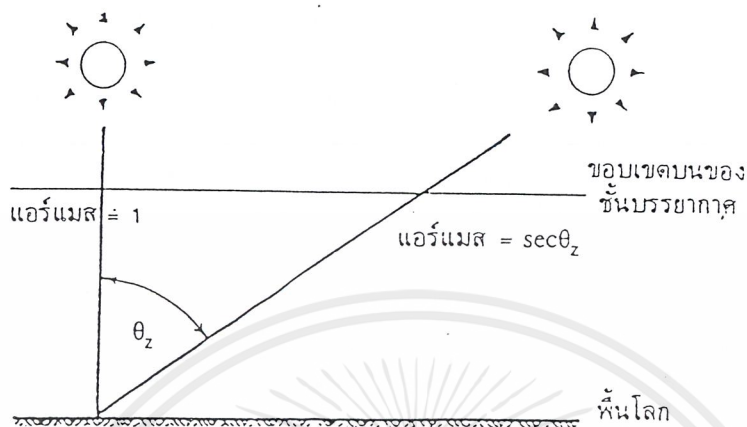
2) รังสีกระจาย (Diffuse or Scattering Radiation) ส่วนนี้ไ้จากการสะท้อนและการกระเจิงของรังสีแสงอาทิตย์เมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ บางครั้งเรียกรังสีส่วนนี้ว่ารังสีช่วงคลื่นยาว

ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า รังสีรวม (Total or Global Radiation) เวลาอากาศโปร่งจะมีส่วนของรังสีกระจายเพียง 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเมฆบังแสงอาทิตย์

2.2.4 พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลก

บรรยากาศของโลกประกอบด้วยก๊าซชนิดต่าง ๆ ฝุ่นละออง และไอน้ำเมื่อดวงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศ แสงอาทิตย์ส่วนที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.29 ไมครอน (ไมครอน เท่ากับ 10^{-6} เมตร) ซึ่งประกอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา จะถูกดูดไว้โดยก๊าซไอโซน แสงอาทิตย์ส่วนที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.29 ถึง 2.3 ไมครอน ซึ่งผ่านบรรยากาศของก๊าซไอโซนลงมาบางส่วนจะถูกก๊าซประเภทหลายอะตอม เช่น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดูดเอาไว้ แสงอาทิตย์ซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่า 2.3 ไมครอน จะผ่านอากาศลงมาน้อย

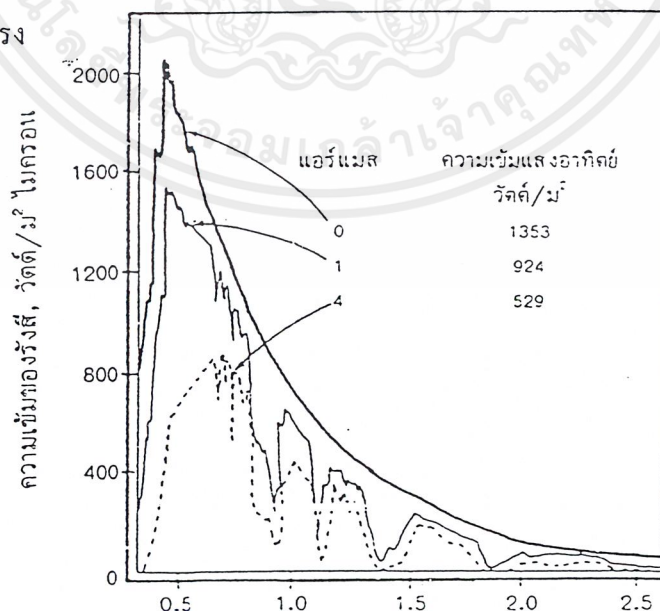
ระยะทางที่แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยากาศเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ฉายลงบนพื้นโลก ถ้าระยะทางที่แสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศยาว เช่น ในช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็น ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับจะลดลง โดยได้นิยามค่าศัพท์ "แอร์แมส" (Air Mass) ขึ้นเพื่อใช้ระบุระยะทางสัมพัทธ์ที่แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยากาศ โดยกำหนดให้ตำแหน่งซึ่งดวงอาทิตย์ตรงศีรษะมีค่าแอร์แมสเป็น 1 ที่ตำแหน่งอื่น แอร์แมสมีค่าเท่ากับ $\sec\theta_z$ เมื่อ θ_z คือมุมที่แนวแสงอาทิตย์ทำกับเส้นตั้ง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 คำจำกัดความของ“แอร์แมส” (Air Mass)

2.2.5 พลังงานรังสีตรง และพลังงานรังสีกระจาย

พลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยรังสีสองประเภทคือ รังสีตรงและรังสีกระจาย พลังงานแสงอาทิตย์ประเภทรังสีตรงเป็นรังสีที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์โดยตรง เป็นรังสีขนาน นำมารวมกันเพื่อให้ความเข้มสูงได้ เช่น ใช้เว่นขยาย พลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจายเป็นรังสีที่ออกจากตัวกลางอื่นที่ดวงอาทิตย์ส่งรังสีไป รังสีประเภทนี้มีทิศทางแบบกระจาย ไม่อาจนำมารวมกันเหมือนอย่างพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง



รูปที่ 2.11 การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ที่แอร์แมส(Air Mass) ต่างๆ

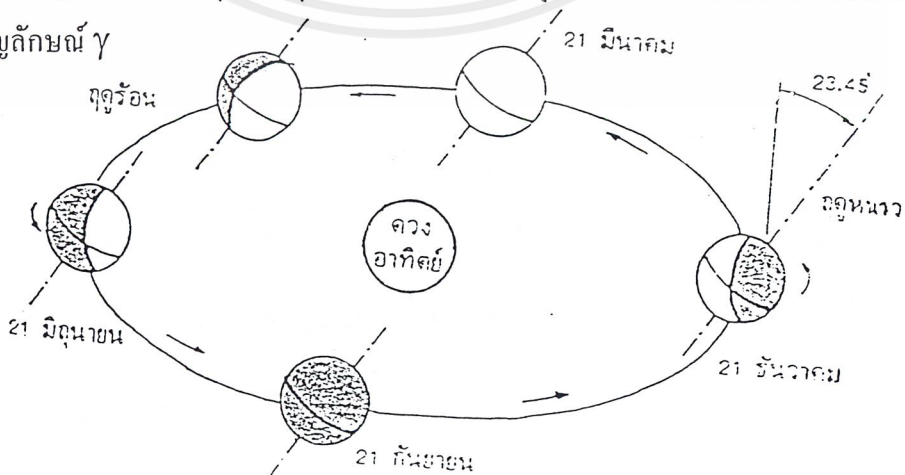
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยรังสีตรงเป็นส่วนใหญ่ เช่นกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นรังสีแบบรังสีตรงที่เหลือเป็นรังสีแบบกระจาย ส่วนในวันที่ท้องฟ้าไม่แจ่มใสมีเมฆมาก แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยรังสีกระจายเป็นส่วนใหญ่

2.2.6 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

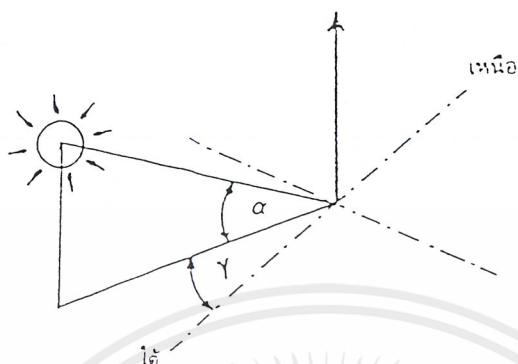
โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในลักษณะที่แกนหมุนเอียงทำมุมกับแนวตั้ง 23.5 องศา ตำแหน่งบนพื้นโลกหันเข้าหาดวงอาทิตย์ตามลักษณะที่แสดงในรูปที่ 2.12 โดยทางซ้ายมือเป็นตำแหน่งของโลกในวันที่ 21 มิถุนายน พื้นที่บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด คนที่อยู่บนเส้นละติจูดที่ 23.5 องศาเหนือจะเห็นดวงอาทิตย์ตรงศีรษะพอดีที่เวลาเที่ยงวัน ประเทศซึ่งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร เช่น ประเทศไทยจะร้อนที่สุดหรือซัมเมอร์โซลสติกส์(Summer Solstice) หลังจากวันที่ 21 มิถุนายนโลกโคจรในลักษณะที่หันพื้นที่ทางซีกโลกภาคเหนือออกจากดวงอาทิตย์ ที่วันที่ 21 กันยายน แนวของแสงอาทิตย์จะอยู่บนระนาบของเส้นศูนย์สูตร คนที่อยู่ทีเส้นศูนย์สูตรจะเห็นดวงอาทิตย์ตรงศีรษะพอดี ซีกโลกด้านเหนือและซีกโลกด้านใต้จะได้รับแสงอาทิตย์เท่ากัน และช่วงเวลาของกลางวันและกลางคืนเท่ากันซึ่งเท่ากับ 12 ชั่วโมง ที่เวลาดังกล่าวเรียกว่าอิกวินอกซ์(Equinox) หลังจากวันที่ 21 กันยายนโลกจะโคจรเอาพื้นที่ซีกโลกเหนือออกจากดวงอาทิตย์ ที่วันที่ 21 ธันวาคม พื้นที่ทางซีกโลกเหนือจะหันออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด เป็นคอนซึ่งหนาวที่สุด หรือวินเตอร์โซลสติกส์(Winter Solstice) หลังจากวันที่ 21 ธันวาคมโลกจะโคจรไปอยู่ที่ตำแหน่ง อิกวินอกซ์อีกครั้งหนึ่งในวันที่ 21 มีนาคม

พิกัดที่ใช้ระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์คือมุมอัคริจูด(Altitude Angle) และมุมแอซิมูทของดวงอาทิตย์(Sun Azimuth Angle) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.13 มุมอัคริจูดคือมุมระหว่างแนวของแสงอาทิตย์กับระนาบระดับ ใช้สัญลักษณ์ α มุมแอซิมูทของดวงอาทิตย์คือมุมระหว่างภาพฉายของแนวแสงอาทิตย์กับทิศใต้ใช้สัญลักษณ์ γ



รูปที่ 2.12 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

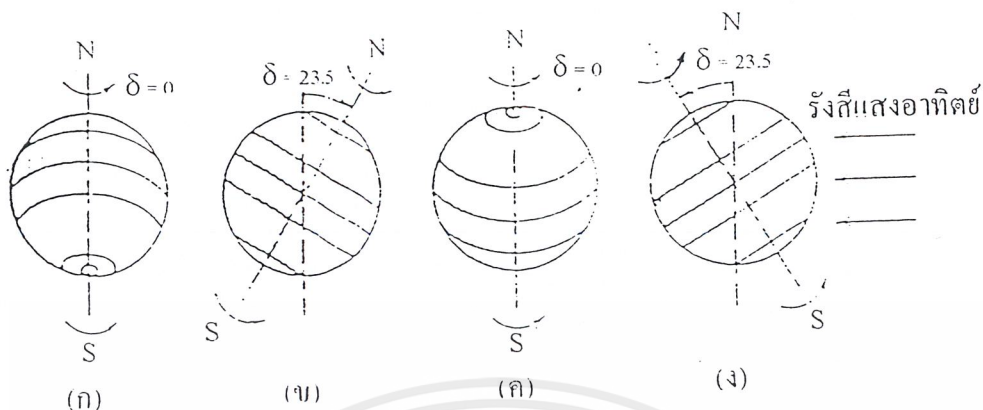
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 มุมแอสิมูทของดวงอาทิตย์(Sun Azimuth Angle) และ มุมอัลติจูด(Altitude Angle)ของดวงอาทิตย์

ตำแหน่งและวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรูปที่ 2.14 ในรอบ 1 ปี ทำให้เกิดฤดูกาล 4 ฤดูกาลคือ ในวันที่ 21 มีนาคม และวันที่ 23 กันยายน แกนเอียงของโลกอยู่ในระนาบซึ่งตั้งฉากกับเส้นตรง ที่ลากจากดวงอาทิตย์จะปรากฏอยู่บนเส้นศูนย์สูตรของท้องฟ้า ในเมื่อโลกหมุนรอบตัวเอง ดวงอาทิตย์จะปรากฏขึ้นอยู่เหนือขอบฟ้า 12 ชั่วโมง และใต้ขอบฟ้า 12 ชั่วโมง นั่นคือกลางวันกับกลางคืนยาวเท่ากัน เรียกตำแหน่งทั้งสองว่า อีควินอกซ์(Equinoxes) ดังรูปที่ 2.14 (ก) , (ค)

หลังจากวันที่ 21 มีนาคม โลกจะโคจรไปสู่ตำแหน่งที่หันขั้วเหนือไปหาดวงอาทิตย์มากขึ้นเรื่อยๆจนถึงวันที่ 21 มิถุนายน โลกหันขั้วเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ซีกโลกด้านเหนือได้รับแสงเป็นเวลานาน กลางวันยาวกว่ากลางคืน เฉพาะบริเวณตั้งแต่เส้นรุ้ง(Latitude) ที่ 66.5 องศาเหนือ ถึงขั้วโลกเหนือ เป็นเวลากลางวัน 24 ชั่วโมง ขณะเดียวกันบริเวณตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 66.5 องศาใต้จะเป็นเวลากลางคืน 24 ชั่วโมง จุดนี้เรียกว่า โซลสติซส์ฤดูร้อน(Summer Solstice) ดังรูปที่ 2.14 (ข) โซนทั้งสองนี้เรียกว่า โซนอาร์คติก(Arctic Zone) ตรงกันข้ามคือที่ตำแหน่งของโลกในวันที่ 21 ธันวาคม โลกหันขั้วเหนือออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ดังนั้นซีกโลกเหนือจึงมีกลางวันสั้นกว่ากลางคืน จุดนี้เรียกว่าโซลสติซส์ฤดูหนาว(Winter Solstice) ดังรูปที่ 2.14 (ง) ที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการกำหนดฤดูกาลของตำบลในซีกโลกเหนือ สำหรับซีกโลกใต้กำหนดตรงกันข้ามกับซีกโลกเหนือ



รูปที่ 2.14 การเปลี่ยนฤดูกาล แสดงภาพที่มองจากทางโคจรโดยแสงอาทิตย์เข้าทางด้านขวามือ
 (ก) อีควินอกซ์ฤดูใบไม้ผลิ (ข) ซัมเมอร์โซลสตีล (ค) อีควินอกซ์ฤดูใบไม้ร่วง (ง) วินเทอร์โซลสตีล

ค่าบกลที่อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 23.5 องศาเหนือและใต้เรียกว่า โซนทอริริด(Torrid Zone) จะมีดวงอาทิตย์เที่ยงวันอยู่เหนือศีรษะ 2 ครั้งใน 1 ปี ส่วนโซนระหว่างอาร์คติกกับโซนทอริริดจะไม่มีดวงอาทิตย์เที่ยงวันเหนือศีรษะ แพลกเตอร์ของฤดูกาลนี้มีผลกระทบต่อแผ่รังสีแสงที่ติดตั้งตายตัว ในตอนเที่ยงวันดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนมุมเท่ากับแนวตั้งเหนือศีรษะ 47 องศา(± 23.5 องศา) จากฤดูร้อนถึงฤดูหนาว ดังนั้นค่าบกลที่อยู่สูงกว่าเส้นรุ้งที่ 40 องศาเหนือในฤดูหนาวดวงอาทิตย์เที่ยงวันจะอยู่สูง 26.5 องศาจากแนวระดับ

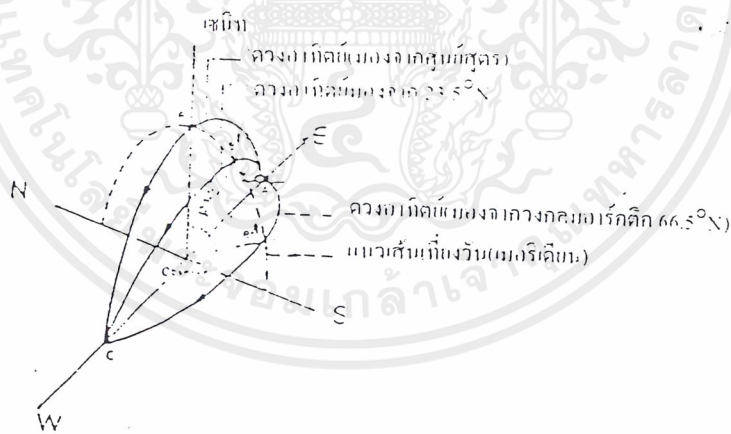
ทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์ในท้องฟ้า การหมุนที่แท้จริงประจำวันของโลกและการหมุนปรากฏของดวงอาทิตย์ที่อีควินอกซ์ โซลสตีลซั้ฤดูร้อน สำหรับบริเวณเส้นศูนย์สูตร และที่ตำแหน่งบนเส้นรุ้งที่ 3 แห่งซีกโลกเหนือ แสดงดังในรูปที่ 2.15 ที่จุดอีควินอกซ์ทั้งสอง ระนาบของทางเดินที่ตำแหน่งหนึ่งบนโลกเคลื่อนไปในช่วงเวลามีแสงตอนกลางวันในรูป 2.15 (ก) จะตั้งฉากกับแกนหมุนของโลกและขนานกับแนวการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ทางเดินของดวงอาทิตย์ปรากฏในท้องฟ้าจะเป็นเส้นตรง ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตก รูปที่ 2.15 (ข) ดวงอาทิตย์เที่ยงวัน ณ จุดตั้งเหตุการณ์อยู่สูงทำมุม = (90 องศา - มุมเส้นรุ้งกับระนาบ)

ที่โซลสตีลซั้ฤดูหนาว ระนาบทางเดินที่ตำแหน่งหนึ่งบนโลกเคลื่อนที่ไปในช่วงเวลากลางวันยังคงตั้งฉากกับแกนหมุนของโลกแต่ไม่ขนานกับทิศแนวการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ รูป 2.15 (ค) ทางเดินของดวงอาทิตย์ปรากฏในท้องฟ้าไม่เป็นเส้นตรงแต่กลายเป็นส่วนโค้งของวงกลม ดวงอาทิตย์ขึ้นทางใต้ของทิศตะวันออก ตกทางใต้ของทิศตะวันตก รูปที่ 2.15 (ง) กลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมงในบริเวณ

เหนือเส้นศูนย์สูตร ดวงอาทิตย์เที่ยงวันอยู่สูงทำมุม = (90 องศา - มุมเส้นรุ้งกับระนาบ - 23.5 องศา) ณ โขลตติขัณฑ์ฤดูหนาว



รูปที่ 2.15 (ก) การเคลื่อนที่ของโลกที่อิกวินอกซ์ แสดงเส้นทางของจุด 23.5 องศา ตอนเที่ยง



รูปที่ 2.15 (ข) การเคลื่อนที่ปรากฏของโลกที่อิกวินอกซ์ ที่เส้นรุ้งต่างๆกัน

ที่โขลตติขัณฑ์ฤดูร้อน การเคลื่อนตัวของโลกแสดงในรูปที่ 2.15 (จ) ลักษณะกลับกันกับในรูปที่ 2.15 (ค) ดวงอาทิตย์จะขึ้นและตกก่อนไปทางเหนือของแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเป็นทางเดินวงกลม รูปที่ 2.15 (ค) เหนือเส้นศูนย์สูตรกลางวันจะยาวกว่า 12 ชั่วโมง ดวงอาทิตย์เที่ยงวันอยู่ทำมุมกับแนวระดับเป็นมุม = (90 องศา - มุมเส้นรุ้งกับระนาบ + 23.5 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.16 แสดงเส้นทางเดินปรากฏของดวงอาทิตย์มีผู้สังเกตการณ์อยู่ที่มุมเส้นรุ้ง ϕ องศาเหนือ ความยาวของเส้นทางเดินของดวงอาทิตย์ที่โซลสติซส์(Solstice) อีควินอกซ์(Equinox) แสดงสัดส่วนของความยาวของช่วงเวลากลางวันดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.15 (ก) การเคลื่อนที่ของโลกที่โซลสติซส์ฤดูหนาว(Winter Solstice)



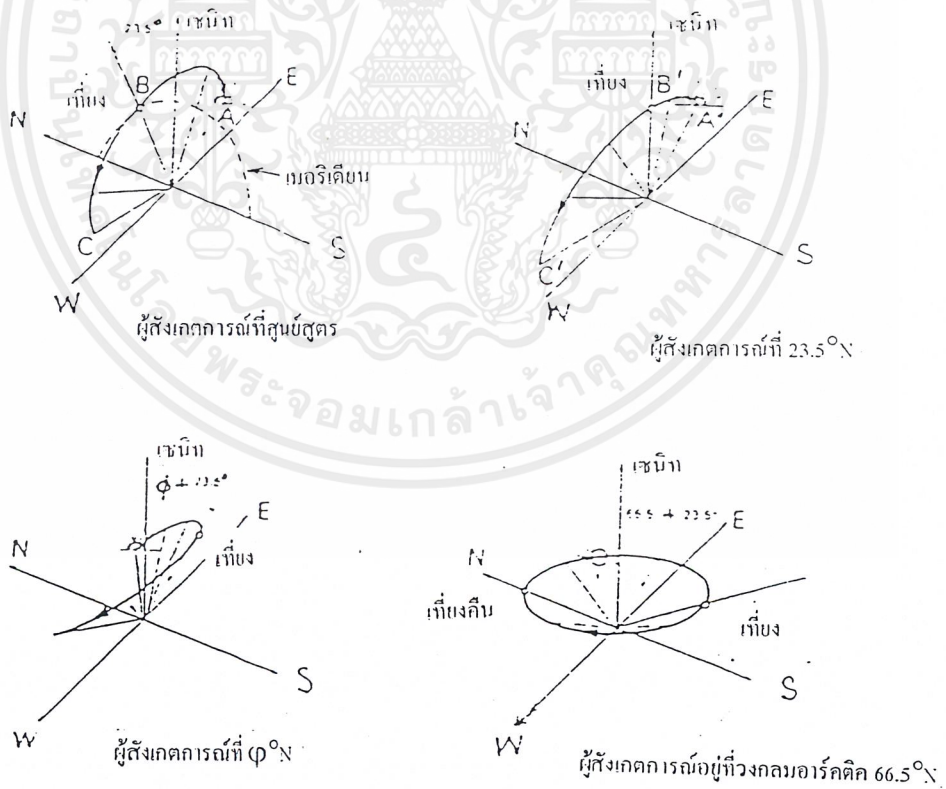
รูปที่ 2.15 (ง) การเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้งต่างๆกัน (21 ธันวาคม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21 มิถุนายน (โซลสติซส์ฤดูร้อน)

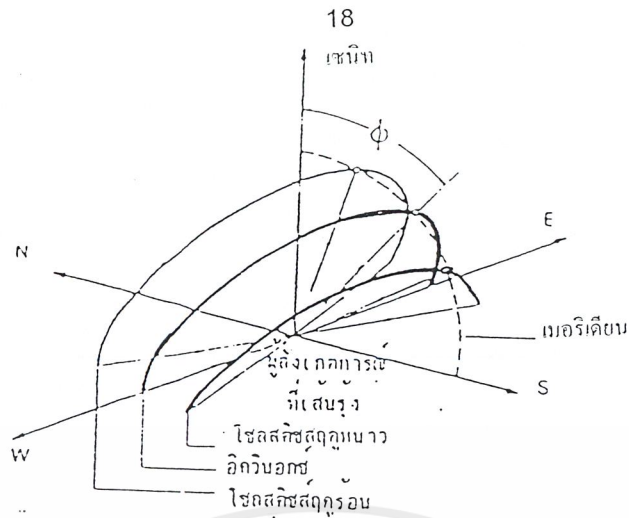


รูปที่ 2.15 (จ) การเคลื่อนที่ของโลกที่โซลสติซส์ฤดูร้อน (Summer Solstice)

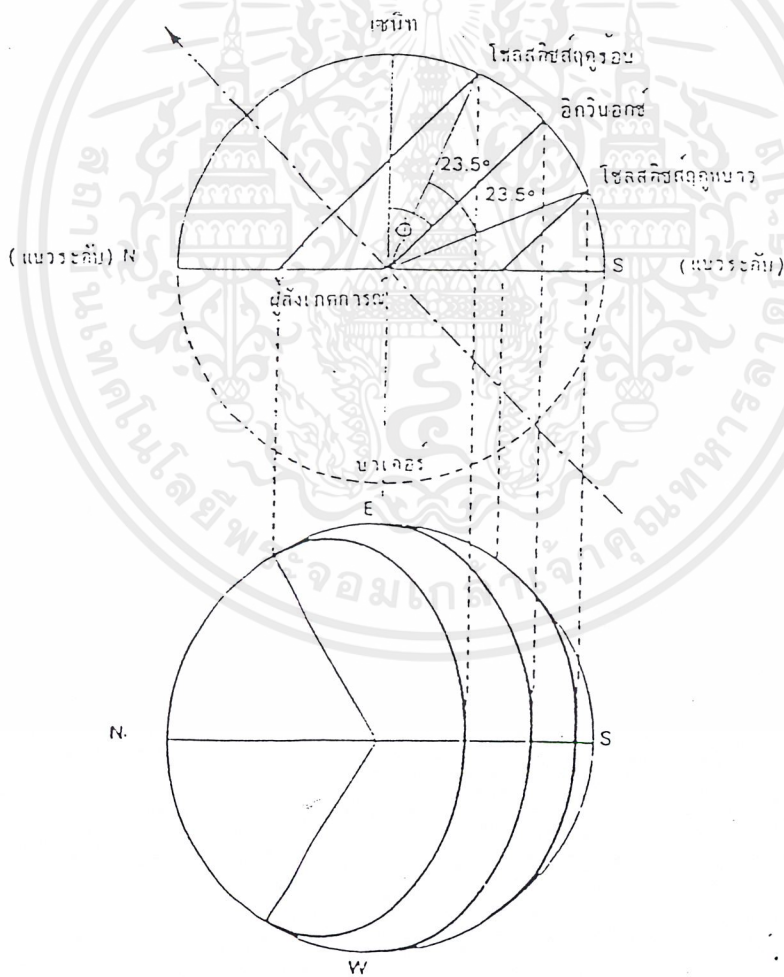


รูปที่ 2.15 (ข) การเคลื่อนที่ที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้งต่างๆกัน (21 มิถุนายน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การเคลื่อนที่ปรากฏประจำวันของดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้ง ϕ องศาเหนือ ในเขตสหัสตฤทวอนและฤทวนาว และที่อิกวินอกซ์



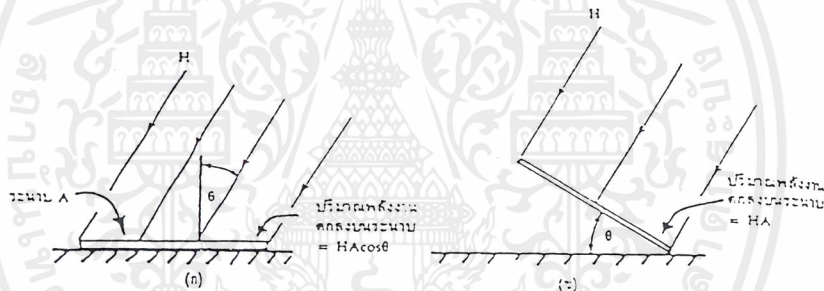
รูปที่ 2.17 ภาพด้านข้างและด้านบนของการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์สำหรับจุดสังเกตการณ์ที่เส้นรุ้ง ϕ องศาเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 พลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบระดับ และบนระนาบเอียง

การนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ อุปกรณ์รับแสงอาทิตย์เช่น แผงรับแสงอาทิตย์จะติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งซึ่งไม่มีร่มเงาจากสิ่งก่อสร้างข้างเคียงมาบังระนาบซึ่งติดตั้งอุปกรณ์ให้หันหน้าไปทิศใต้ และให้มีมุมเอียงของระนาบที่เหมาะสม เพื่อที่จะได้ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์รายปีสูงสุด

ดังที่แสดงในรูปที่ 2.18(ก) เป็นระนาบที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ถ้าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งฉายลงบนระนาบระดับมีความเข้มเป็น H วัตต์/ตารางเมตร และแนวของแสงอาทิตย์ทำมุม θ กับเส้นตั้งฉากของระนาบ A ปริมาณพลังงานทั้งหมดซึ่งตกลงบนระนาบ A (รูปที่ 2.18(ก)) เท่ากับ $HA\cos\theta$ แต่ถ้าติดตั้งระนาบ A ให้มีมุมเอียงเป็น θ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งตกลงบนระนาบ A เพิ่มขึ้นเป็น HA (รูปที่ 2.18(ข))



รูปที่ 2.18 พลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบระดับ และบนระนาบเอียง

มุมเอียงของระนาบที่เหมาะสมขึ้นกับองศาของเส้นละติจูดของสถานที่ซึ่งติดตั้งและลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ ถ้าอุปกรณ์ซึ่งต้องการพลังงานแสงอาทิตย์สูงในช่วงฤดูหนาว เช่น อุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับที่อยู่อาศัยที่ต้องใช้น้ำร้อนในอัตราสูงในช่วงฤดูหนาว ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตั้งกล่าวบนระนาบซึ่งมีมุมเอียงมากกว่าจำนวนองศาของเส้นละติจูดประมาณ 12 องศา และถ้าเป็นอุปกรณ์ซึ่งต้องการพลังงานแสงอาทิตย์สูงในช่วงฤดูร้อน เช่น ระบบเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตั้งกล่าวบนระนาบซึ่งมีมุมเอียงน้อยกว่าจำนวนองศาของเส้นละติจูดประมาณ 12 องศา และถ้าต้องการปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีสูงสุด ให้ติดตั้งอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์บนระนาบซึ่งมีมุมเอียงเท่ากับจำนวนองศาของเส้นละติจูด เช่น อุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ซึ่งติดตั้งใช้งานที่กรุงเทพฯ ถ้าต้องการปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีสูงสุด ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตั้งกล่าวบนระนาบ ซึ่งเอียงทำมุมกับระนาบระดับเท่ากับเส้นละติจูดของกรุงเทพฯ ซึ่งเท่ากับ 13.5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด
- ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

2.3.1 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

2.3.1.1 หลักการของระบบ

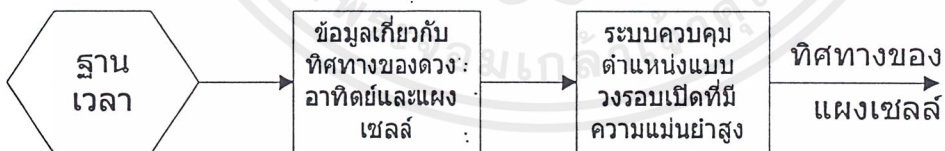
ระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์แบบวงรอบเปิดนี้ จะใช้หลักการควบคุมตำแหน่งแบบวงรอบเปิดที่มีความแม่นยำสูง ร่วมกับข้อมูลเกี่ยวกับทิศทางของดวงอาทิตย์ และทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะใดขณะหนึ่ง ระบบควบคุมแบบนี้ จะใช้เวลาเป็นเครื่องอ้างอิง กล่าวคือ เราจะต้องรู้ทิศทางของดวงอาทิตย์เทียบกับแกนอ้างอิงของที่ตั้งระบบที่เวลาต่างๆ กัน และ เราจะต้องรู้ทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับแกนอ้างอิงตลอดเวลาด้วย จากข้อมูลของทิศทางทั้งสอง เราจะควบคุมให้ทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนเข้าหาทิศทางของดวงอาทิตย์เป็นช่วงๆ ไป

2.3.1.2 โครงสร้างของระบบ

ระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์แบบวงรอบเปิดจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้คือ

- ฐานเวลา
- แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์
- ระบบควบคุมตำแหน่งแบบวงรอบเปิดที่มีความแม่นยำสูง

ซึ่งเราจะเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์แบบวงรอบเปิด

1) ฐานเวลา เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงกับเวลา ดังนั้นการที่เราจะทราบตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ เราต้องมีข้อมูลของเวลา คือ ฐานเวลา ความถูกต้องของข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของฐานเวลา เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของเวลา

จะมีการสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้าไม่มีการตั้งใหม่จะทำให้ความผิดพลาดของข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งดวงอาทิตย์ผิดพลาดได้ 1.3 องศาต่อปี

2) แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เนื่องจากการโคจรของดวงอาทิตย์มีกฎเกณฑ์ที่ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นเราจึงสามารถคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์เทียบกับผู้สังเกต ณ จุดใด ๆ บนโลก ในขณะที่ใดขณะหนึ่งได้แน่นอนถึง ± 0.01 องศา และเนื่องจากในปัจจุบัน เราสามารถหาฐานเวลาที่มีความเที่ยงตรงสูงได้ง่าย เช่น ฐานเวลาที่ได้จากการสั่นของผลึกควอตซ์และการคำนวณที่มีความยุ่งยากก็สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นเราจะสามารถรู้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาจริงได้อย่างรวดเร็วและแน่นอน ได้มีผู้ทดลองทำระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์ แบบวงรอบเปิด โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์คำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาจริง ซึ่งให้ความแม่นยำได้สูงถึง 0.25 องศา สำหรับวิธีการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ไว้ล่วงหน้าจะไม่เป็นที่นิยมใช้กัน เนื่องจากจำนวนข้อมูลจะมีมากเกินไป จึงไม่สะดวกเท่าวิธีการคำนวณในเวลาจริง แต่ในกรณีที่เราไม่ต้องการความแม่นยำสูงนัก เราอาจจะใช้วิธีการประมาณสมการการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยสมการเส้นตรงซึ่งมีเวลาเป็นตัวแปรอิสระ วิธีนี้จะทำให้สามารถใช้วิธีควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์ได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความยุ่งยาก และราคาแพง อย่างเช่น ไมโครคอมพิวเตอร์

3) ระบบควบคุมตำแหน่งแบบวงรอบเปิดที่มีความแม่นยำสูง การควบคุมตำแหน่งแบบวงรอบเปิดและมีความแม่นยำสูง จะทำได้โดยอาศัยการใช้ข้อมูลแบบตัวเลขและการขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์แบบขั้น (Stepping Motor) การที่มอเตอร์แบบขั้นนี้มีความแม่นยำสูง เนื่องจากมุมในการหมุนจะมีค่าแน่นอนและขึ้นอยู่กับจำนวนพัลส์ที่วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ได้รับ ส่วนการใช้ข้อมูลแบบตัวเลขจะสามารถบันทึกจำนวนพัลส์ที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ได้อย่างถูกต้องไม่ผิดพลาด มุมที่มอเตอร์หมุนต่อพัลส์อาจจะมีค่า 1.8, 2, 7.5 หรือ 15 องศา แล้วแต่ความต้องการของเรา ถึงแม้มุมในการเคลื่อนที่ที่น้อยกว่าองศาได้โดยการใช้เกียร์ทด ซึ่งปกติเราต้องใช้อยู่แล้วทั้งนี้เพราะระบบติดตามดวงอาทิตย์จะหมุนด้วยความเร็ว 360 องศาต่อวันในขณะที่มอเตอร์อาจจะหมุนด้วยความเร็วมากกว่า 10 รอบต่อวินาที ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมการหมุนที่เป็นมุมน้อยกว่า 0.01 องศาได้อย่างง่ายดาย ระบบควบคุมตำแหน่งจะมีความผิดพลาดน้อยมากถ้าหากได้รับข้อมูลคำสั่งเป็นแบบตัวเลข ความผิดพลาดส่วนใหญ่จะเกิดจากเกียร์ที่ใช้ทดรอบเนื่องจากพื้นของเกียร์จะขบกันไม่สนิท

2.3.1.4 ข้อดีข้อเสียของระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

1) ข้อดีของระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

-ชุดควบคุมชุดเดียวสามารถใช้ควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ได้หลายชุด จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบใหญ่ๆ

-มีความแม่นยำสูง ยกเว้นในกรณีที่เราใช้วิธีการประมาณทางโคจรของดวงอาทิตย์ด้วยสมการเส้นตรง

-มอเตอร์ที่ใช้อาจมีกำลังน้อยกว่ามอเตอร์ที่ใช้ในระบบวงรอบปิด เนื่องจากการเคลื่อนที่จะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการหยุดถึงแม้จะมีเมฆบังดวงอาทิตย์

-ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ไวแสงในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์

2) ข้อเสียของระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

-วงจรถับเคลื่อนมอเตอร์จะมีความยุ่งยากกว่าวงจรถับเคลื่อนมอเตอร์แบบธรรมดา และมีราคาแพงด้วย

-ถ้าต้องการความแม่นยำสูงจำเป็นต้องใช้การคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความยุ่งยากมากกว่าระบบควบคุมแบบวงรอบปิดธรรมดา

-ต้องศึกษาทางโคจรของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

-ต้องใช้ฐานเวลาที่มีความแม่นยำสูง

-มีการสะสมของความคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะความคลาดเคลื่อนของฐานเวลา

-ความแม่นยำในการติดตามดวงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับความแน่นอนของตำแหน่ง และทิศ

อ้างอิง

2.3.2 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด

2.3.2.1 หลักการของระบบ

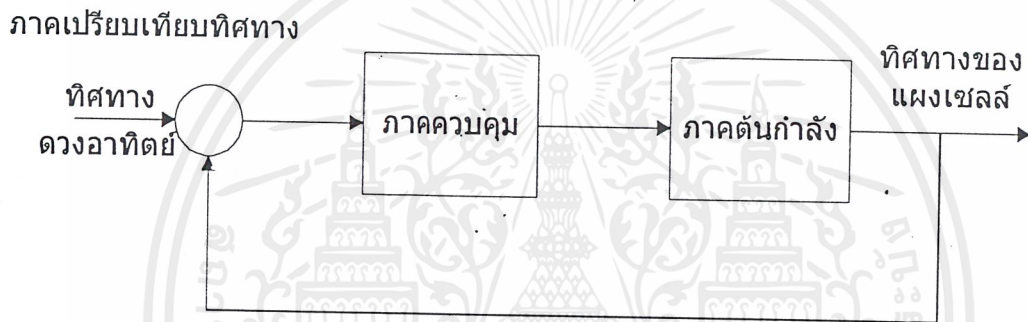
ระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์แบบวงรอบปิด อาจถือได้ว่าเป็นระบบควบคุมตำแหน่งแบบที่มีการป้อนกลับ (Feedback Position Control System) อย่างหนึ่งซึ่งมีตำแหน่งหรือทิศทางของดวงอาทิตย์เป็นตัวควบคุมตำแหน่งหรือทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบนี้จะมีการตรวจจับทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับทิศทางจริงของดวงอาทิตย์หมุนไปในทิศทางของดวงอาทิตย์เพื่อลดความแตกต่างระหว่างทิศทางทั้งสอง ความผิดพลาดในการติดตามดวงอาทิตย์ของระบบนี้จะขึ้นอยู่กับความไวของตัวเปรียบเทียบทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับทิศทางจริงของดวงอาทิตย์

2.3.2.2 โครงสร้างระบบ

ระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์แบบวงรอบปิดจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้คือ

- ภาคตรวจจับ และเปรียบเทียบทิศทาง
- ภาคควบคุม
- ภาคต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ซึ่งเราอาจจะเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.20



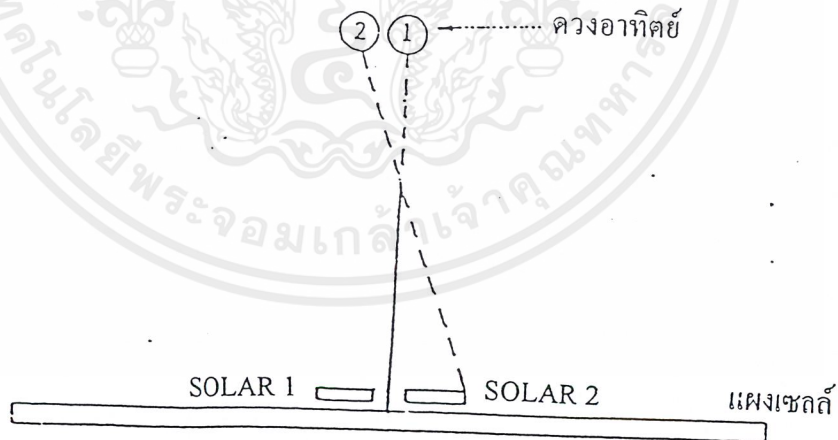
รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์แบบวงรอบปิด

1) ภาคตรวจจับ และเปรียบเทียบทิศทาง อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับทิศทางของดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะเป็นอุปกรณ์ที่มีความไวต่อแสง (Photosensitive device) สำหรับการเปรียบเทียบทิศทางจะอาศัยการเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่ตกกระทบอุปกรณ์ไวแสงซึ่งทำได้สองวิธีคือ

1.1) การวางอุปกรณ์ไวแสงให้มีทิศต่างกัน (Angular sensor) วิธีการนี้เราจะติดตั้งอุปกรณ์ไวแสง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กซึ่งมีลักษณะเหมือนกันให้ทำมุมกับค่าหนึ่งโดยให้ระนาบที่ตั้งฉากกับระนาบของอุปกรณ์ทั้งสองอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก อุปกรณ์ไวแสงทั้งสองจะติดอยู่กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทำมุมกับเส้นตั้งฉากของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่าๆ กัน เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมฉากกับแนวทิศทางของดวงอาทิตย์ อุปกรณ์ทั้งสองจะได้รับความเข้มของแสงเท่าๆ กัน แต่ถ้ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจะทำให้อุปกรณ์ทั้งสองได้รับความเข้มไม่เท่ากันอันจะเป็นการชี้บอกให้ทราบว่าดวงอาทิตย์อยู่เอียงไปทางทิศใดของแนวตั้งฉากของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีนี้

ต้องการให้มีการติดตามในแนวเหนือ-ใต้ การเปรียบเทียบโดยวิธีนี้จะให้ความแม่นยำไม่สูงนัก คือจะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 2-5 องศา

1.2) การบังให้เกิดเงา (Shadow sensor) วิธีนี้เราจะวางอุปกรณ์ไวแสงซึ่งมีลักษณะเหมือนกันไว้สองข้างของวัตถุที่บ่งแสงซึ่งวางตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.10 ในระบบที่มีการติดตามในแนวตะวันออก-ตะวันตก อุปกรณ์ไวแสง A และ B จะวางอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก แต่ถ้าต้องการให้มีการติดตามในแนวเหนือ-ใต้ ด้วยเราก็ต้องเพิ่มอุปกรณ์ที่มีลักษณะเหมือนกันอีก 1 ชุด แต่จะต้องวางอุปกรณ์ A และ B ให้อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ จากในรูปที่ 2.21 เราจะเห็นได้ว่าถ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากกับแนวทิศทางของดวงอาทิตย์ดังในตำแหน่ง 1 ทั้ง A และ B จะได้รับความเข้มของแสงเท่ากัน แต่ถ้าเกิดความคลาดเคลื่อนดังในตำแหน่งที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ B จะถูกบังไม่ให้ได้รับแสง ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเป็นการช็อบอกให้ทราบว่าดวงอาทิตย์อยู่เยื้องไปทางทิศใดของแนวตั้งฉากของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์การเปรียบเทียบทิศทางโดยวิธีนี้ ความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับความยาวของอุปกรณ์ทำให้เกิดเงาโดยความแม่นยำจะสูงขึ้นเมื่อความยาวเพิ่มขึ้น วิธีการนี้อาจจะให้ความแม่นยำได้ถึง 0.1 องศา



รูปที่ 2.21 การเปรียบเทียบทางโดยการบังให้เกิดเงา

ดังนั้นความแม่นยำของตัวเปรียบเทียบทิศทางจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงจากดวงอาทิตย์ด้วย สาเหตุนี้จะทำให้อุปกรณ์ตรวจจับ และเปรียบเทียบทิศทางของดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจะทำงานได้ในขณะที่มีเมฆมาบังดวงอาทิตย์ หรืออาจจะมีการหลงทางชั่วขณะได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับทิศทางของดวงอาทิตย์จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามแสงที่มาตกกระทบ อุปกรณ์ที่เลือกใช้คือ LDR(Light Decreasing Resistance) โดยนำไปยึดกับแผงที่ใช้ตรวจจับความเข้มแสง

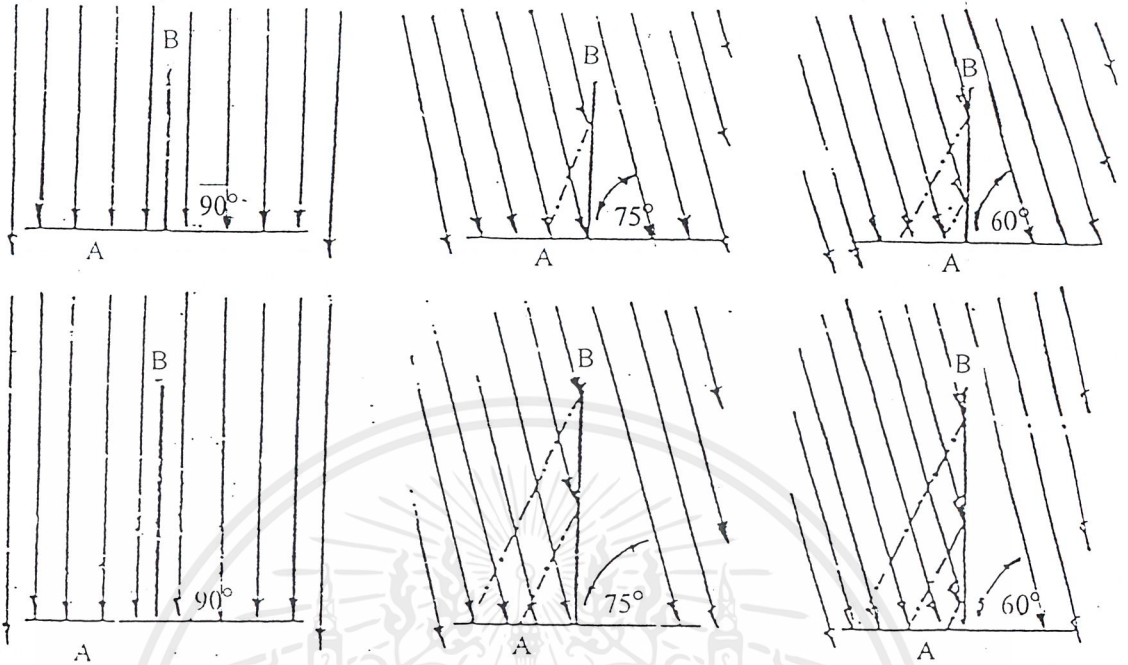
เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกมาก รังสีที่ตกกระทบบนพื้นโลกจึงมีลักษณะเกือบขนานกัน หรือไม่สามารถอ้างว่าแสงเหล่านี้มาจากแหล่งกำเนิดจุดเดียว (Point source) ดังนั้นสูตรที่อ้างว่า ความเข้มของแสงแปรผกผันกับ $1/(\text{ระยะทาง})^2$ จึงนำมาใช้ไม่ได้ หรือในทางกลับกัน ถ้าถือว่าดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดจุดเดียว ระยะทางที่แสงตกลงมาบนชุดตรวจจับเกือบเท่ากัน เพราะฉะนั้น เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมเอียงไปเท่าไร ค่าความเข้มของแสงบน LDR แต่ละตัวจะมีค่าเท่าๆ กัน

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการอื่นๆ ที่ทำให้ค่าความเข้มของแสงบน LDR แต่ละตัวมีค่าแตกต่างกัน เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ตกลงบนชุดตรวจจับทำมุมเอียงออกไป

การพิจารณาเกี่ยวกับความเข้มของแสงนั้น นิยมแทนความเข้มนั้นด้วย ฟลักซ์ (จำนวนเส้นแรงที่ตกกระทบบนพื้นที่ 1 หน่วย) เมื่อพิจารณาจากรูป 3.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อรังสีตกกระทบบนทำมุมเอียง จำนวนฟลักซ์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ A หลังฉากกัน B จะน้อยกว่าด้านหน้า นอกจากนี้แล้ว โดยที่รังสีตกกระทบบนทำมุมเดิม แต่ความสูงของฉากกัน B เพิ่มขึ้น ความเข้มของแสงหลังฉากกัน B จะน้อยลงไปอีก และเมื่อพิจารณาให้ละเอียดยิ่งขึ้นไปอีก จะมีรังสีส่วนที่สะท้อนจากฉากกัน B ลงมายังพื้น A จำนวนฟลักซ์ที่สะท้อนกลับลงไปนั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของฉากกัน

ดังนั้นพอจะกล่าวได้ว่า การใช้ฉากกันแสงจะมีผลเกิดขึ้นดังนี้

- 1) ถ้าฉากกันขนานกับรังสี จะไม่มีความแตกต่างกัน บนพื้นที่ทั้งสองด้าน
- 2) เมื่อรังสีตกกระทบบนทำมุมเอียงมากขึ้น ความเข้มของแสงหลังฉากกัน ก็จะยิ่งน้อยลง
- 3) ในทำนองเดียวกัน ถ้าเพิ่มความสูงของฉากกันขึ้น ความเข้มของแสงหลังฉากกัน ก็จะยิ่งน้อยลง
- 4) จะมีรังสีส่วนหนึ่งสะท้อนจากฉากกันลงบนพื้นด้านหน้าฉากกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของฉากกัน



รูปที่ 2.22 แสดงความแตกต่างที่มุมต่างๆ และความสูงของฉากกันที่ต่างๆ กัน

จากประโยชน์ของการมีฉากกันดังกล่าวแล้วข้างต้น จึงนำมาออกแบบใช้ประโยชน์ร่วมกับชุดตรวจจیب โดยให้ฉากกันสูงกว้างมากๆ เพื่อที่ว่ารังสีตกกระทบทำมุมเพียงเล็กน้อย ความแตกต่างของความเข้มของแสงบนพื้นที่ทั้งด้านหน้า และด้านหลังของฉากกันสามารถตรวจจیبได้โดย LDR

เนื่องจากว่าชุดเซ็นเซอร์ จะเคลื่อนที่เป็นลักษณะโค้งทั้งในแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal) บนแกน 2 แกน

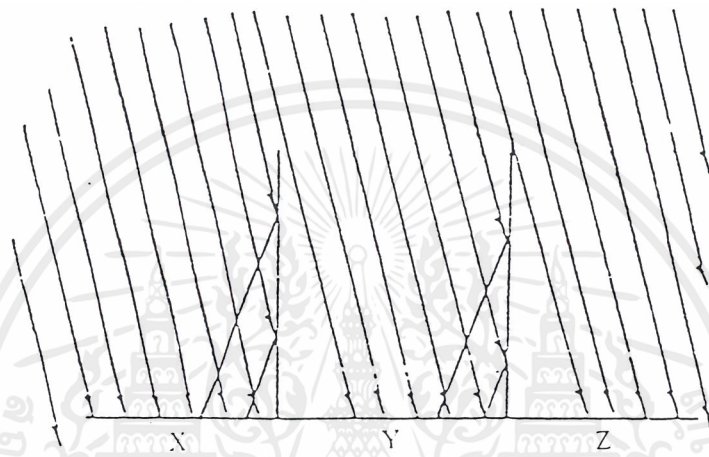
การที่ฉากกันสูงมากๆ จะเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ในตั้ง เพราะว่าการที่วัตถุที่มีน้ำหนักขึ้นห่างออกไปจากจุดหมุนมากขึ้นนั้น จะเป็นการเพิ่มแรงบิด หรือทอร์ค (Torque)

การที่มีข้อจำกัดทางด้านกลศาสตร์ (Mechanics) ทำให้ฉากกันมีความยาวจำกัดจึงหันมาพิจารณาถึงความสามารถสะท้อนแสงที่มีฉากกัน เพราะว่ามีรังสีส่วนหนึ่งสะท้อนกลับลงบนพื้นด้านหน้าฉากกัน จากคุณสมบัติอันนี้ จึงนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยการเพิ่มชุดตรวจจیبในแต่ละแนวคังรูปที่ 2.23 ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่บริเวณ X จะมีความเข้มสูงสุดจากรังสีตกกระทบโดยตรง ร่วมกับแสงสะท้อน ส่วนพื้นที่บริเวณ Y จะได้รับรังสีตกกระทบโดยตรงน้อยกว่า แต่ได้รับรังสีสะท้อนเท่าๆ กับบริเวณ Z นั้นจะได้รับเฉพาะแสงตกกระทบโดยตรงที่เท่าๆ กับด้าน Y เท่านั้น

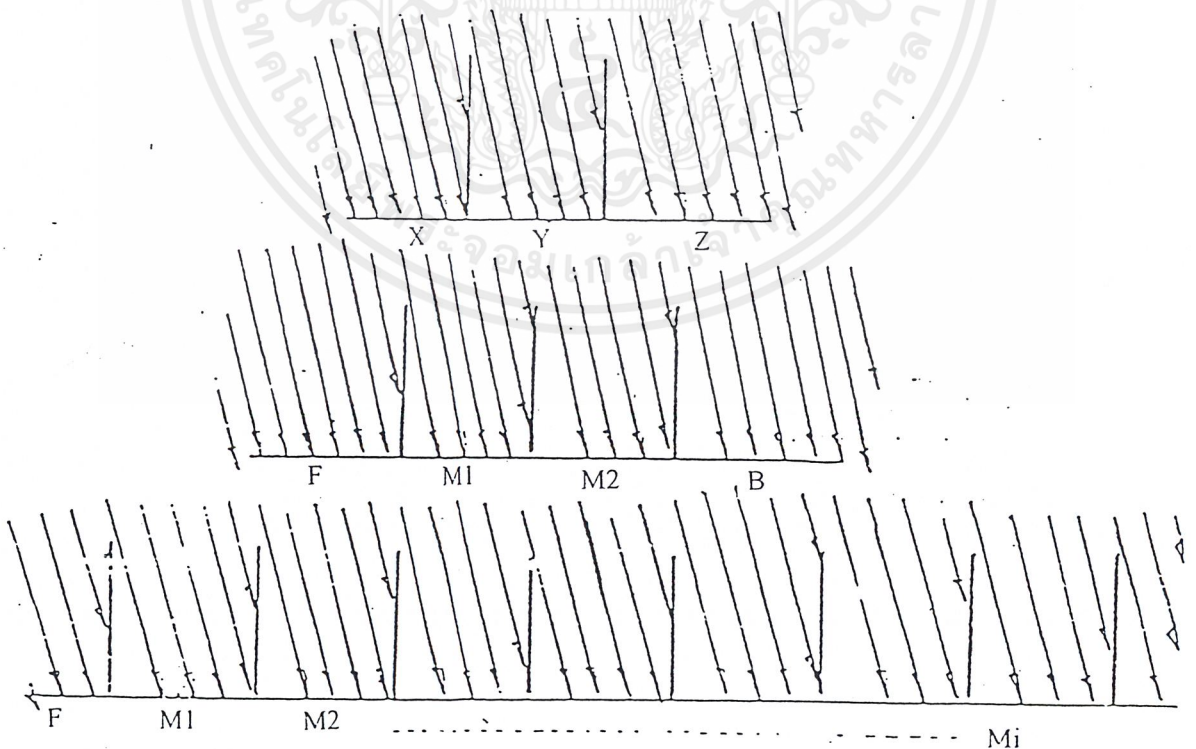
จะเห็นได้ว่าการแบ่งพื้นที่รับแสงมี เซ็กเมนต์ที่มากขึ้นเป็น 3 เซ็กเมนต์ ก็สามารถช่วยให้พิจารณาถึงลักษณะการตกกระทบของรังสี ได้ละเอียดขึ้นด้วย แต่การเพิ่มให้มีเซ็กเมนต์มากๆ เป็น 4 หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 เช็กเม้นท์นั้น ก็ไม่ได้หมายความว่า จะเพิ่มความละเอียดในการพิจารณาได้ เพราะว่าเช็กเม้นท์ที่ไม่ได้
 อยู่ริม จะได้รับรังสีในลักษณะเหมือนกันหมด ดังรูป 3.3 ด้าน F จะได้รับรังสีสะท้อนเช่นเดียวกับพื้นที่
 บริเวณ X ด้าน B จะได้รับรังสีตกกระทบอย่างเฉียด ทำนองเดียวกันกับบริเวณ Z และพื้นที่ตรงกลาง
 บริเวณ $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ จะได้รับรังสีในทำนองเดียวกันกับบริเวณ Y เหมือนกันหมด



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะของรังสี โดยมีฉากกัน 2 แผ่น



รูปที่ 2.24 ลักษณะรังสีเปรียบเทียบกับจำนวนแผ่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบของการบังเงา 2 มิติ แล้วไม่ควรที่จะแบ่งพื้นที่รับรังสีมากเกินกว่า 3 เซกเมนท์ เพราะว่าเป็นการสิ้นเปลือง

ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังตะวันตกทุกวัน แต่ไม่ได้ขึ้นและตกลงที่ตำแหน่งเดิมทุกวัน จะมีการคลาดเคลื่อนไปในแต่ละวัน ฉะนั้นการตรวจหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์จึงเป็น 3 มิติ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มฉากบังแสงขึ้นอีกแนวหนึ่ง

จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น เป็นการนำประโยชน์ของการใช้ฉากกันมาออกแบบร่วมกับชุดเซ็นเซอร์ นอกจากนั้นแล้ว การออกแบบจะต้องพิจารณาปัจจัย ทางด้านอื่นๆ อีก เช่น ด้านกลศาสตร์ ตลอดจนถึงสถาปัตยกรรมและอื่นๆด้วย

2) ภาคควบคุม ภาคควบคุมจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวเปรียบเทียบทิศทางเพื่อใช้ในการควบคุมให้ตัวต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับทิศทางของดวงอาทิตย์ ภาคควบคุมโดยทั่วไปจะประกอบด้วย

- หน่วยรับสัญญาณ
- หน่วยขยายกำลัง
- หน่วยควบคุมทิศทาง

2.1) หน่วยรับสัญญาณ จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวเปรียบเทียบสัญญาณซึ่งอาจจะเป็นสัญญาณขึ้นหรือสัญญาณต่อเนื่องก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวงจรเปรียบเทียบที่ใช้ ถ้าเป็นวงจรเปรียบเทียบที่ใช้ผลต่างที่มีอัตราขยายต่ำ มักจะให้สัญญาณออกแบบต่อเนื่อง แต่ถ้าเป็นวงจรเปรียบเทียบผลต่างที่มีอัตราขยายสูงและมีการป้อนกลับแบบบวก มักจะให้สัญญาณออกเป็นสัญญาณขึ้น

2.2) หน่วยขยายกำลัง จะทำหน้าที่ขยายทั้งกระแส และศักดาไฟฟ้า เพื่อให้มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับเคลื่อนตัวต้นกำลัง หน่วยขยายกำลังจะได้รับกำลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ในกรณีที่เป็นระบบที่อยู่โดดๆ แต่ถ้าเป็นระบบที่มีการต่อเข้ากับสายส่งซึ่งระบบเช่นนี้มักจะไม่มีแบตเตอรี่ เราอาจจะต้องใช้กำลังงานสายส่งในตอนที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ ส่วนในตอนที่มีแสงอาทิตย์เราก็อาจจะใช้กำลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้

2.3) หน่วยควบคุมทิศทาง จะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการจับนำของตัวต้นกำลัง โดยอาศัยข้อมูลจากตัวเปรียบเทียบทิศทาง และเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า หน่วยควบคุมทิศทางจะควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนกลับไปรอรับแสงอาทิตย์ในตอนเช้าทางทิศตะวันออก โดยระบบจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ในวันถัดไป

3) ตัวต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้รับการควบคุมจากภาคควบคุม ตัวต้นกำลังจะประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า และเฟืองหรือเกียร์ที่ครอบมอเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากควบคุมความเร็วได้ง่าย และเหมาะกับแหล่งพลังงานที่มีอยู่คือ ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ ส่วนสาเหตุที่ต้องมีเกียร์ลดความเร็วของมอเตอร์เพื่อให้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ง่ายขึ้นและเป็นการเพิ่มแรงบิดในการขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย

2.3.2.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบควบคุมแบบวงรอบปิด

1) ข้อดีของระบบควบคุมแบบวงรอบปิด

- มีความแม่นยำสูง

- ไม่ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับทางโคจรของดวงอาทิตย์

- สามารถปรับตัวเองได้ตามฤดูกาล

- ระบบสามารถเริ่มต้นได้เองเนื่องจากสามารถตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์ได้เอง

- ไม่มีการสะสมความคลาดเคลื่อน

2) ข้อเสียของระบบควบคุมแบบวงรอบปิด

- ต้องการใช้อุปกรณ์ที่มีความไวต่อแสงที่มีราคาแพง เนื่องจากต้องบรรจุในภาชนะโปร่งแสงที่ต้องปิดมิดชิด เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดจาก อากาศ และความชื้น เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวต้องอยู่กลางแจ้งตลอดเวลา

- ระบบ 1 ระบบจะต้องใช้ตัวเปรียบเทียบทิศทาง และภาคควบคุมอย่างละชุด เราไม่สามารถใช้ตัวเปรียบเทียบทิศทาง และภาคควบคุม 1 ชุดกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ ชุดได้

- จะต้องใช้มอเตอร์ที่มีกำลังสูงเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งในบางครั้งอาจจะต้องทำอย่างรวดเร็ว เช่น ในภาวะที่มีเมฆมากๆ จะทำให้อุปกรณ์ไวแสงไม่สามารถตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ ระบบจะหยุดอยู่กับที่ และเมื่อเมฆผ่านไป ระบบจะต้องปรับตำแหน่ง เพื่อให้ระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับแนวทิศทางของดวงอาทิตย์อย่างรวดเร็ว

- ระบบนี้อาจจะมีการหลงในบางขณะ เช่น ในภาวะที่มีเมฆมาก ซึ่งทำให้ต้องหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไปๆ มาๆ อันเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

2.4 แนวความคิดในการเลือกระบบ

ในการเลือกระบบติดตามดวงอาทิตย์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบแผงราบ เราจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมดังนี้คือ

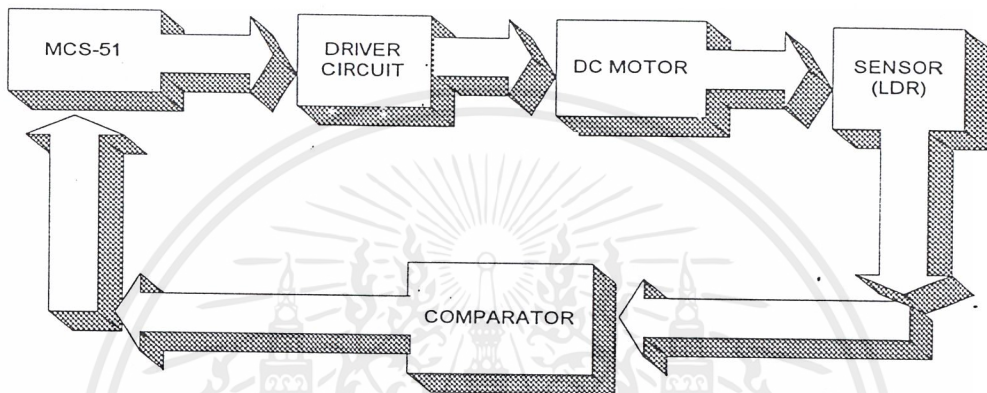
- ระบบควบคุมที่ใช้ควมจะใช้พลังงานน้อย เพื่อจะได้นำพลังงานที่ได้เพิ่มจากการใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์มากที่สุด ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ระบบที่ใช้ควมจะเป็นระบบที่ง่าย และต้องการบำรุงรักษาน้อย โดยเฉพาะที่มีขนาดเล็กและอยู่ห่างไกล ซึ่งการรักษายาก

- ระบบที่ใช้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีความแม่นยำมากนัก ทั้งนี้เพราะการลดลงของปริมาณแสงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับจะมีค่าน้อยเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมน้อยๆ กับแนวตั้งฉากของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าดวงอาทิตย์ทำมุม 15 องศา กับแนวตั้งฉากของแผง ปริมาณแสงที่มาจากดวงอาทิตย์ (Direct radiation) จะลดลงประมาณ 4.4% เท่านั้น แต่เนื่องจากปริมาณแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในประเทศไทยจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 50% ของปริมาณแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังนั้นการลดลงของปริมาณแสงเนื่องจากความผิดพลาดในการติดตามดวงอาทิตย์ 15 องศา จะทำให้ปริมาณของแสงลดลงน้อยกว่า 2% เท่านั้น

บทที่ 3

ระบบติดตามตำแหน่ง

หน้าที่โดยรวมของชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ แสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์
วงจรส่วนที่สำคัญประกอบด้วย 5 ส่วนดังนี้

3.1 ส่วนประมวลผลและขยายพอร์ต

ส่วนประมวลผลใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และเนื่องจาก MCS-51 มีพอร์ตเอาต์พุต 4 พอร์ต คือ P0,P1,P2,P3 ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ 9 พอร์ต ดังนั้นเราจึงต้องมีวงจรเพื่อการเพิ่มพอร์ตให้มากขึ้น คือ วงจรส่วนขยายพอร์ต

พอร์ตเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และคงค่าสถานะของข้อมูลไว้ เพื่อส่งต่อไปให้อุปกรณ์ภายนอก และพอร์ตอินพุตจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล อุปกรณ์พื้นฐานที่นำมาใช้เป็นพอร์ตเอาต์พุตและอินพุตได้ ได้แก่ ไอซีเบอร์ 8255

จากวงจรรูปที่ 3.2 ส่วนขยายพอร์ต ประกอบด้วยไอซีเบอร์ 8255 , 74LS373 , 74LS138 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

ไอซีเบอร์ 74LS373 เมื่อมีสัญญาณ HIGH เข้ามาที่ขา LE (LATCH ENABLE) อินพุตซึ่งเป็นข้อมูลจะเข้ามาทางขา D1 - D8 และจะผ่านไปที่เอาต์พุตเมื่อมีสัญญาณ LOW เข้ามาที่ขา OE (OUTPUT ENABLE) และจะคงค่าสถานะของข้อมูลไว้ ในที่นี้จะนำมาใช้ในการเลือกพอร์ตของ 8255 โดยต่อเข้ากับขา A0 , A1 ของ 8255

ไอซีเบอร์ 74LS138 เป็น DECODER ไว้ทำหน้าที่เลือก ขา CS ของ 8255 เพื่อเลือกให้ 8255
ตัวนั้นทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงการถอดรหัสของไอซีเบอร์ 74LS138

| ABC | Y0 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 000 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 001 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 010 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 011 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 100 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 101 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 110 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 111 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

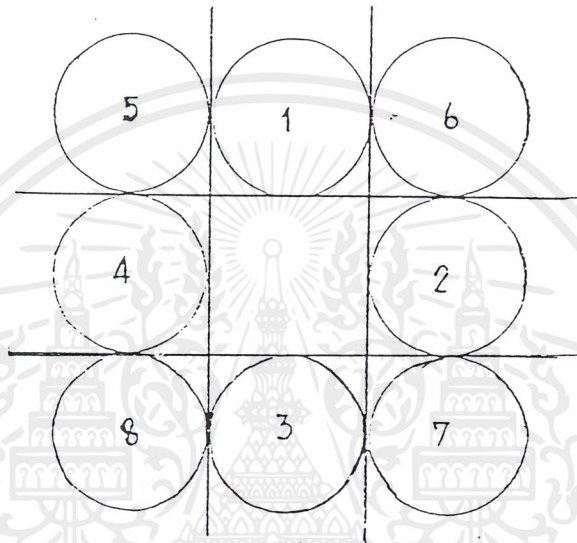
ตาราง 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของขาไอซีเบอร์ 74LS138 กับขา CS ของอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร

| ขาไอซีเบอร์ 74LS138 | หน้าที่ |
|------------------------|--|
| Y0 | เลือกขา CS ของ 8255 ADDRESS 8000H-8003H |
| Y1 | เลือกขา CS ของ 8255 ADDRESS 9000H-9003H |
| Y2 | เลือกขา CS ของ 8255 ADDRESS 0A000H-0A003H |
| Y4 | เลือกขา CS ของ RTC |

3.2 วงจรเปรียบเทียบ(Comparator)

3.2.1 หลักการทำงาน

โครงการนี้จะเลือกตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุดที่มาจากกระทบแผงตรวจจับ ซึ่งใช้อุปกรณ์ไวแสงชนิด LDR จำนวน 8 ตัวเป็นตัวเปรียบเทียบ เพื่อที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังไฟฟ้าออกมาได้อย่างเต็มที่ ตำแหน่งของ LDR แต่ละตัวจะวางดังรูปที่ 3.3

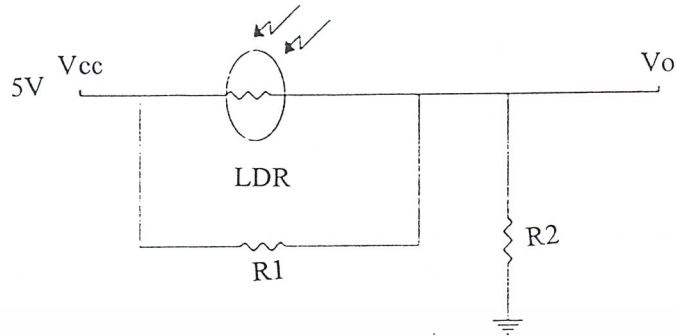


รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งของ LDR บนชุดเซ็นเซอร์

LDR แต่ละตัวจะคู่อยู่กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแสดงสถานะให้เป็น “0” กับ “1” ซึ่งเป็นลักษณะดิจิทัล เพื่อความสะดวกในการรับข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์

เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เอง จึงทำให้เกิดค่าผิดพลาดเล็กน้อย และแสงสว่างที่นำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลก็อยู่กับการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก “0” ไปเป็น “1” หรือจาก “1” กลับมาเป็น “0” นั่นเอง ในบริเวณที่กำลังจะเปลี่ยนสถานะนี้แสงสว่างบางค่าจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลค่า “1” ซึ่งบางครั้งจะยังคงสถานะ “0” อยู่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของแต่ละอุปกรณ์ แต่ถ้าความสว่างพ้นออกนอกย่านนี้แล้ว ค่าที่แสดงสถานะจะมั่นใจได้

การประยุกต์ LDR ในการวัดความเข้มแสง โดยต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอกโดยใช้ลักษณะของการแบ่งศักดาไฟฟ้า (Voltage divider) ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อ LDR ในลักษณะของวงจรแบ่งศักดาไฟฟ้า

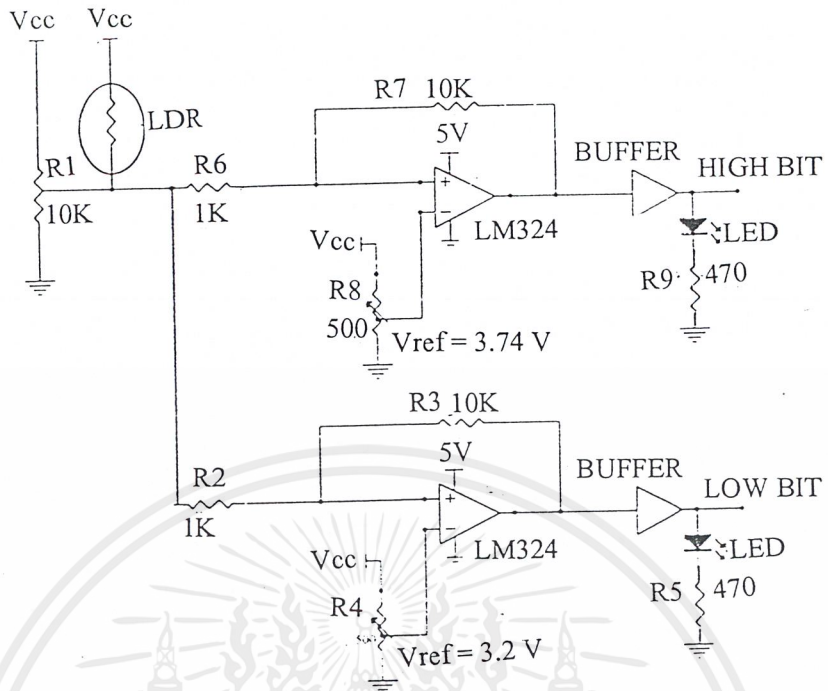
ค่า R_1 ที่เพิ่มเข้าไปจะช่วยให้ค่าความต้านทานภายในของ LDR เป็นไปอย่างเชิงเส้น เมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนไป โดยค่า R_1 นี้จะต้องเลือกไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป ขึ้นอยู่กับว่าเอาไปใช้วัดความเข้มแสงมาก หรือความเข้มแสงน้อย ซึ่งจะได้แรงดันออกดังสมการที่ 1

$$V_o = 5R_2 / ((R_1 \times r) / (R_1 + r) + R_2) \text{ ----- (1)}$$

LDR ในระบบนี้จะใช้เป็นเปรียบเทียบสถานะทั้งหมด 8 ตัว LDR 1 ตัวจะเป็นตัวเปรียบเทียบ 2 สถานะ คือ สถานะ "0" และ "1" แต่จะใช้ศักดาไฟฟ้าอ้างอิง 2 ระดับสำหรับแสงที่มีความเข้มมากและแสงที่มีความเข้มน้อย ดังนั้นจึงต้องใช้ข้อมูล 2 บิต ต่อ LDR 1 ตัว ดังนั้นชุดตรวจจับ 1 ชุดจะส่งข้อมูลให้ MCS-51 ทั้งหมด 16 บิต แต่ศักดาไฟฟ้าขาออกของ LDR จะเป็นศักดาไฟฟ้าต่อเนื่อง (Analog) จึงต้องใช้โอปแอมป์ (Op-Amp) 16 ตัวเป็นวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) ดังรูปที่ 3.7 จะนำเอาศักดาไฟฟ้าที่ได้จากชุดตรวจจับ มาเปรียบเทียบกับศักดาไฟฟ้าอ้างอิง (Voltage reference) เพื่อให้ได้ศักดาไฟฟ้าออกเป็น 5 โวลท์ หรือ 0 โวลท์เทียบเป็นค่าทางตรรกะคือ "0" กับ "1"

การที่เปรียบเทียบด้วยระดับศักดาไฟฟ้าอ้างอิง 2 ระดับนี้ทำให้สามารถใช้ได้กับแสงที่มีระดับความเข้มสูงและแสงที่มีระดับความเข้มต่ำ โดยกำหนดให้ ศักดาไฟฟ้าอ้างอิงสำหรับแสงที่มีระดับความเข้มสูงมีค่า 3.7 โวลท์ และศักดาไฟฟ้าอ้างอิงสำหรับแสงที่มีระดับความเข้มต่ำค่า 3.2 โวลท์ ถ้าศักดาไฟฟ้าขาออกของรูปที่ 3.6 มีค่าอยู่ระหว่าง 0-2.9 โวลท์ ทั้งบิตสูงและบิตต่ำจะมีสถานะเป็น "0" ถ้าศักดาไฟฟ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 2.9-3.2 โวลท์ บิตสูงจะมีสถานะเป็น "0" บิตต่ำมีสถานะเป็น "1" และถ้าศักดาไฟฟ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 3.2-5 โวลท์ บิตสูงจะมีสถานะเป็น "1" บิตต่ำมีสถานะเป็น "1" ดังนั้นในช่วงเวลาที่แสงมีระดับความเข้มสูงก็จะนำสถานะของบิตสูงไปใช้ในการประมวลผล และในช่วงเวลาที่แสงมีระดับความเข้มต่ำก็จะนำสถานะของบิตต่ำไปใช้ในการประมวลผลแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบ(Comparator)

3.2.2 การคำนวณค่าอุปกรณ์ในวงจรเปรียบเทียบ

เลือกใช้วงจรเปรียบเทียบดังรูปที่ 3.7 เป็นวงจรที่มีฮิสเทอรีซิสดูป เพื่อป้องกันการแกว่งของสัญญาณช่วงที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ

พิจารณากรณีที่ 1 คำนวณหาค่า V_{ref1} สำหรับแสงที่มีความเข้มมาก

กำหนดให้ $V_{ut} = 3.6\text{ V}$ $V_{lt} = 3.2\text{ V}$

ดังนั้นจะได้ $V_H = V_{ut} - V_{lt} = 0.5\text{ V}$

$$V_{ctr} = (V_{ut} + V_{lt})/2 = 3.4\text{ V}$$

$$n = (V_{sat} - (-V_{sat}))/V_H = (5 - (-0))/0.5 = 10$$

$$V_{ref1} = (n+1) V_{ctr}/n = ((10+1)*3.4)/10 = 3.74\text{ V}$$

พิจารณากรณีที่ 2 คำนวณหาค่า V_{ref2} สำหรับแสงที่มีความเข้มน้อย

กำหนดให้ $V_{ut} = 3.1\text{ V}$ $V_{lt} = 2.7\text{ V}$

ดังนั้นจะได้ $V_H = V_{ut} - V_{lt} = 0.5\text{ V}$

$$V_{ctr} = (V_{ut} + V_{lt})/2 = 2.9\text{ V}$$

$$n = (V_{sat} - (-V_{sat}))/V_H = (5 - (-0))/0.5 = 10$$

$$V_{ref2} = (n+1) V_{ctr}/n = (10+1)*2.9/10 = 3.2\text{ V}$$

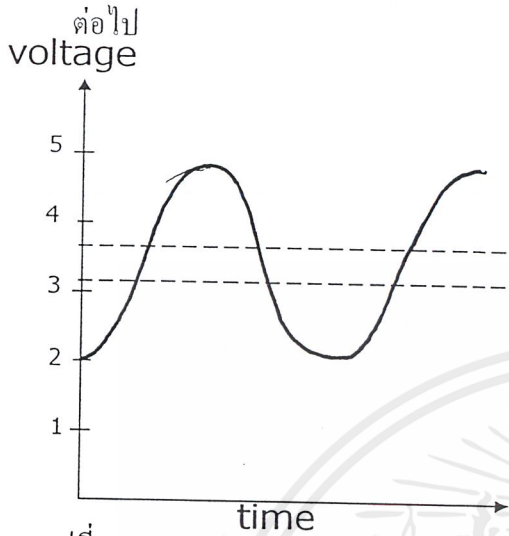
เอาท์พุทของส่วนเปรียบเทียบความเข้มแสงมากคือ High bit และเอาท์พุทของส่วนเปรียบเทียบ

ความเข้มแสงน้อยคือ Low bit โดยสัญญาณขาออกของวงจรเปรียบเทียบทั้งหมด 16 บิต จะใช้

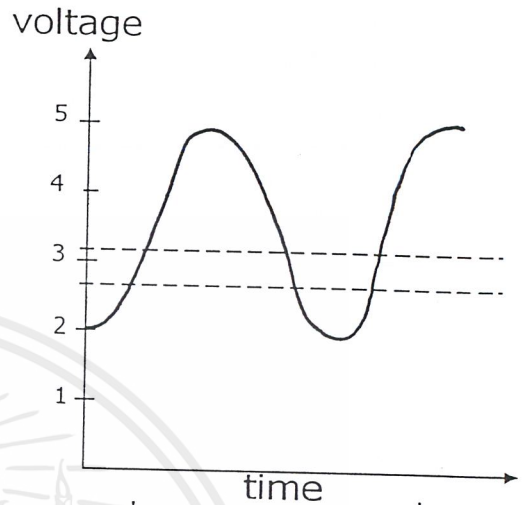
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับเป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

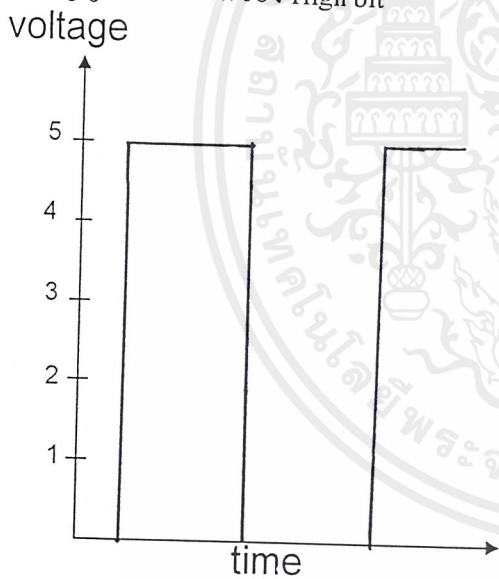
เป็นข้อมูลป้อนเข้าสู่ MCS-51 เพื่อนำไปเขียนโปรแกรมควบคุมการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์



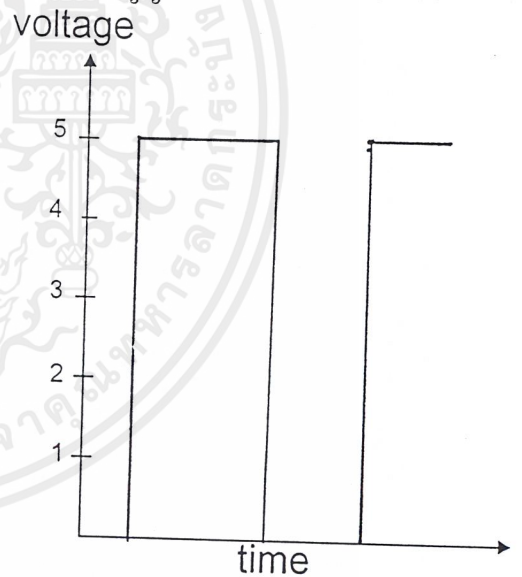
รูปที่ 3.6.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ขาบวกของ High bit



รูปที่ 3.6.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ขาบวกของ Low bit



รูปที่ 3.7.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ Output Op-amp High bit



รูปที่ 3.7.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ Output Op-amp Low bit

3.3 วงจรขับ(Driver Circuit)

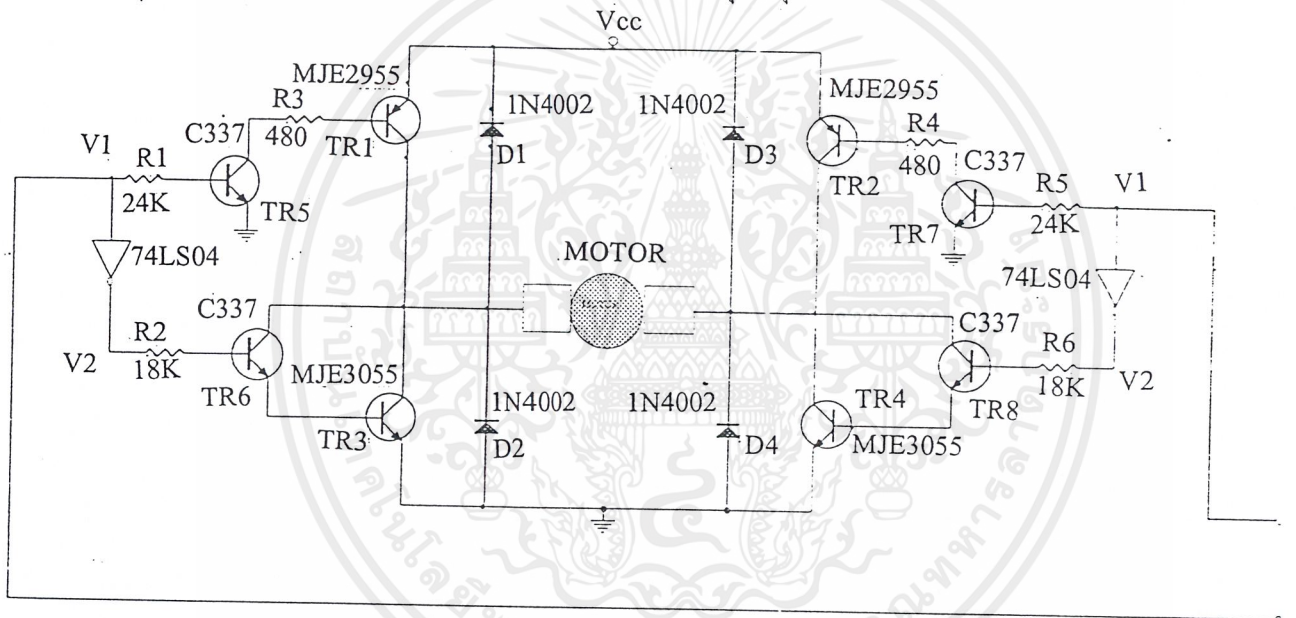
3.3.1 หลักการทำงาน

จากรูปที่ 3.8 เมื่อส่งสถานะ “01” เข้าที่ขาอินพุตสถานะ 0 ที่ขาอินพุต 1 จะทำให้ TR5 มีสถานะ off แล้วทำให้ TR1 มีสถานะ off ไปด้วย และเมื่อขาอินพุต 1 ผ่านอินเวอร์เตอร์ทำให้สถานะ 0 เปลี่ยนเป็น 1 ทำให้ TR6 มีสถานะ on แล้วทำให้ TR3 มีสถานะ on ส่วนสถานะ 1 ที่ขาอินพุต 2 จะทำให้ TR7 มีสถานะ on แล้วทำให้ TR2 มีสถานะ on ไปด้วย และเมื่อขาอินพุต 2 ผ่านอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์ทำให้สถานะ 1 เปลี่ยนเป็น 0 ทำให้ TR8 มีสถานะ off แล้วทำให้ TR4 มีสถานะ off ด้วย จากการทำงานข้างต้นจะทำให้มอเตอร์หมุน และในทางตรงข้ามเมื่อส่งสถานะ “10” เข้าที่ขาอินพุท จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตรงข้ามกับการส่งสถานะ “01” เข้ามาที่ขาอินพุท

เมื่อเราส่งสถานะ “00” เข้าที่ขาอินพุท สถานะ 0 ที่ขาอินพุท 1 จะทำให้ TR5 มีสถานะ off แล้วทำให้ TR1 มีสถานะ off ไปด้วย และเมื่อขาอินพุท 1 ผ่านอินเวอร์เตอร์ทำให้สถานะ 0 เปลี่ยนเป็น 1 ทำให้ TR6 มีสถานะ on แล้วทำให้ TR3 มีสถานะ on ด้วย ในลักษณะเดียวกันสถานะ 0 ที่ขาอินพุท 2 ทำให้ TR4,TR8 มีสถานะ on และ TR2,TR7 มีสถานะ off ซึ่งผลที่ได้จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน และถ้าทำการส่งสถานะ “11” ก็จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนเช่นกัน



รูปที่ 3.8 วงจรขับ(Driver Circuit)

3.3.2 การคำนวณค่าอุปกรณ์วงจรขับ

จากรูปวงจรขับ รูปที่ 3.10 กำหนดให้ $I_{C_{MJE2955}}$ ของ MJE2955 แต่ละตัวเท่ากับ 1 A ดังนั้น

เมื่อ ทรานซิสเตอร์ MJE2955 มีค่า $\beta = 40$ และ

ทรานซิสเตอร์ C337 มีค่า $\beta = 200$

$$I_{B_{MJE2955}} = I_{E_{MJE2955}} / \beta = 1/40 = 25 \text{ mA}$$

จากรูปที่ 3.10 $V_{B_{MJE2955}} = V_{CC} - V_{BE} = 12 - 0.6 = 11.4 \text{ V}$

ให้ V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ BC337 เวลา ON มีค่าเท่ากับ 0.2 V

ดังนั้น

$$R_1 = (V_{B_{MJE2955}} - V_{C_{C337}}) / I_{C_{C337}} = (11.4 - 0.2) / 0.025 = 448 \text{ Ohm} \approx 470 \text{ Ohm } 1/2W$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_2 = (V_1 - V_{BE\ C337}) / I_{B\ C337} = (3.5 - 0.6) / 0.000125 = 23.2\text{k Ohm} \cong 24\text{k Ohm} \quad 1/4\text{W}$$

กำหนดให้ $I_{C\ MJE3055}$ ของ MJE3055 แต่ละตัวเท่ากับ 1 A ดังนั้น

เมื่อ ทรานซิสเตอร์ MJE3055 มีค่า $\beta = 40$

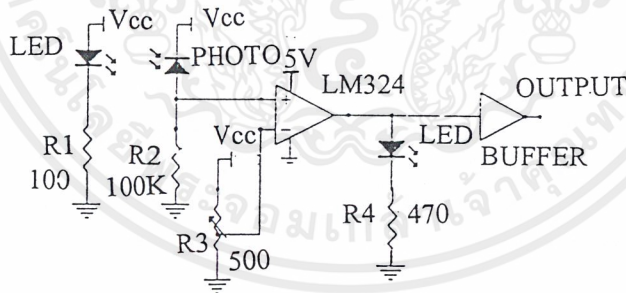
$$I_{B\ MJE3055} = I_{C\ MJE3055} / \beta = 1/40 = 0.025\text{ A}$$

$$I_{B\ C337} = I_{C\ C337} / \beta = 0.025/200 = 125\ \mu\text{A}$$

$$R_3 = (V_2 - V_{BE\ C337} - V_{BE\ MJE3055}) / I_{B\ C337} = (3.5 - 1.2) / 0.000125 = 18.4\text{k Ohm} \cong 18\text{k Ohm} \quad 1/4\text{W}$$

3.4 วงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสงอินฟราเรด

วงจรมานำมาใช้ตรวจจับในการจำกัดตำแหน่งองศาสูงสุดในการหมุนในแต่ละแนวของมอเตอร์ เมื่อตัวส่ง ส่งแสงอินฟราเรดมาตกกระทบที่ตัวรับ ส่งผลให้ตัวรับมีกระแสไหลผ่านมากขึ้น ทำให้ V1 มีศักดาไฟฟ้าเพิ่มขึ้น นำ V1 ไปเปรียบเทียบกับ Vref โดยใช้อปแอมป์ นำผลที่ได้ส่งไปเป็นข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมไม่ให้มอเตอร์หมุนเกินตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยเมื่อตัวรับได้รับแสงอินฟราเรดจะทำให้เอาต์พุตมีสถานะเป็น “1” และเมื่อตัวรับไม่ได้รับแสงอินฟราเรดจะทำให้เอาต์พุตมีสถานะเป็น “0”



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสงอินฟราเรด

3.5 ส่วนของฐานเวลา (Real Time Clock)

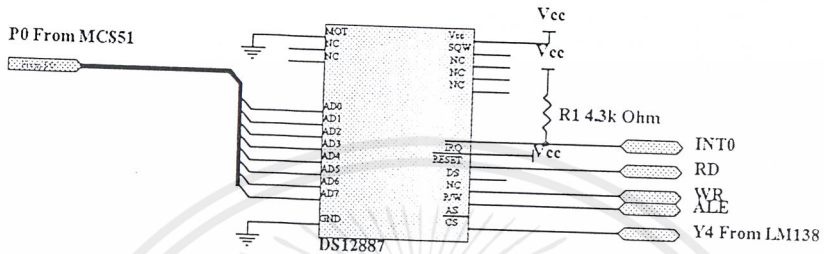
ชุดตรวจจับตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จำเป็นต้องมีฐานเวลา เพื่อเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการตรวจจับตำแหน่ง โดยเลือกใช้ไอซี Real Time Clock แบบขนานเบอร์ DS12887 และแสดงเวลาออกไปที่จอ LCD รูปที่ 3.12 และ 3.13 แสดงการต่อวงจรใช้งาน DS12887 และจอ

LCD ในการทำงานเราจะทำการกำหนดช่วงเวลาในการตรวจจับตำแหน่งให้กับ DS12887 แล้ว

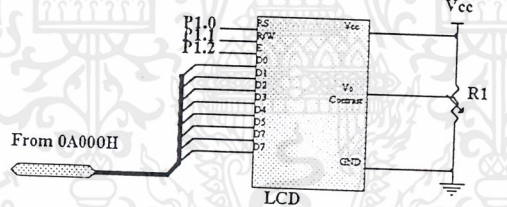
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS12887 จะส่งอินเทอร์รัปต์มาทุกๆครั้งตามช่วงเวลาที่เรากำหนดไว้ ตั้งให้ชุดตรวจจับตำแหน่งทำงาน



รูปที่ 3.10 แสดงการต่อใช้งาน DS12887



รูปที่ 3.11 แสดงการต่อใช้งาน LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ

4.1.1 ส่วนวงจรขับ

จากการออกแบบวงจรขับ เมื่อนำมาต่อร่วมกับมอเตอร์ แล้วทำการทดลองให้มอเตอร์หมุน และหยุดหมุน พบว่าวงจรขับสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยสามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์ได้ โดยการส่งสถานะอินพุต 2 บิต เข้าที่ขาอินพุต ซึ่ง สถานะ “01” , “10” จะทำให้มอเตอร์หมุนซ้ายและหมุนขวาและ สถานะ “00” , “11” จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

ผลการทดลองวัดคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในการเคลื่อนชุดตรวจจับตำแหน่ง ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวระดับ โดยให้มอเตอร์ ต่ออนุกรมกับความต้านทาน (R) 0.5 โอห์ม $\frac{1}{2}$ วัตต์

| Vcc(V) | ศักย์ไฟฟ้าตกคร่อม R เมื่อมอเตอร์หมุนทางซ้าย(mV) | ศักย์ไฟฟ้าตกคร่อม R เมื่อมอเตอร์หมุนทางขวา(mV) | กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนทางซ้าย (mA) | กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนทางขวา (mA) |
|--------|---|--|--|---|
| 3 | 1.5 | 1.3 | 3 | 2.6 |
| 4 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 5 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 6 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 7 | 1 | 1.25 | 2 | 2.5 |
| 8 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 9 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 10 | 1.2 | 1.2 | 2.4 | 2.4 |
| 11 | 1.5 | 1.5 | 3 | 3 |
| 12 | 1.5 | 1.25 | 3 | 2.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวตั้ง โดยให้มอเตอร์ต่ออนุกรมกับความต้านทาน (R) 0.5 โอห์ม $\frac{1}{2}$ วัตต์

| Vcc(V) | ศักดาไฟฟ้าตก คร่อม R เมื่อ มอเตอร์หมุนขึ้น (mV) | ศักดาไฟฟ้าตก คร่อม R เมื่อ มอเตอร์หมุนลง (mV) | กระแสไฟฟ้าที่ มอเตอร์ใช้ในการ หมุนขึ้น(mA) | กระแสไฟฟ้าที่ มอเตอร์ใช้ในการ หมุนลง(mA) |
|--------|--|--|--|--|
| 3 | 0 | 3 | 0 | 6 |
| 4 | 14 | 2 | 28 | 4 |
| 5 | 13 | 2 | 26 | 4 |
| 6 | 13 | 2 | 26 | 4 |
| 7 | 13 | 2.5 | 26 | 5 |
| 8 | 13 | 2.75 | 26 | 5.5 |
| 9 | 13 | 3 | 26 | 6 |
| 10 | 13 | 3 | 26 | 6 |
| 11 | 13 | 2.5 | 26 | 5 |
| 12 | 13 | 2.5 | 26 | 5 |

4.1.2 ส่วนวงจรเปรียบเทียบ

วงจรเปรียบเทียบสามารถที่จะรับค่าศักดาไฟฟ้าจากส่วนตรวจจับแสงซึ่งใช้ LDR แล้วสามารถที่จะเปรียบเทียบระดับความเข้มแสงได้เป็น 2 ระดับ คือ ช่วงที่มีความเข้มแสงมากแสดงผลที่ High bit และช่วงที่มีความเข้มแสงน้อยแสดงผลที่ Low bit เอาท์พุทที่ได้มีความถูกต้อง ซึ่งในช่วงความเข้มแสงมากจะใช้ High bit ในการประมวลผล และในช่วงที่แสงมีความเข้มน้อยก็จะใช้ Low bit ไปทำการประมวลผลต่อไป

4.1.3 ส่วนวงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสงอินฟราเรด

วงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสงอินฟราเรดสามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ โดยเมื่อตัวรับตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ จะทำให้ค่าเอาท์พุทที่ได้มีสถานะเป็น "1" และทำให้ LED ติดแสดงสถานะการตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ และเมื่อตัวรับไม่สามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเอาต์พุตที่ได้มีสถานะเป็น “0” และทำให้ LED ดับแสดงสถานะการตรวจจับแสงอินฟราเรดไม่ได้ และในขณะที่ทดลองกลางแจ้ง แสงจากดวงอาทิตย์จะมีผลต่อตัวรับอินฟราเรดด้วย จึงต้องบังไม่ให้ตัวรับอินฟราเรดรับแสงจากดวงอาทิตย์

4.1.4 ผลการทดลองปริมาณการจ่ายกระแสให้กับวงจรทั้งหมด

วิธีการทำงานทดลองคือ นำความต้านทาน(R ที่ทำการทดลองคือ 0.22 โอห์ม) ต่ออนุกรมทางด้านอินพุตก่อนจ่ายไปเลี้ยงให้วงจรแล้ววัดแรงดันตกคร่อมความต้านทาน (R 0.22 โอห์ม) นำมาคำนวณหาค่าปริมาณการจ่ายกระแสให้กับวงจรได้

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการจ่ายกระแสให้กับวงจรทั้งหมด

| ลักษณะการทำงานของวงจร | แรงดันตกคร่อม R 0.22 โอห์ม | กระแสที่จ่ายให้กับวงจร |
|-----------------------|------------------------------|------------------------|
| ขณะมอเตอร์หยุดหมุน | 0.15 V | 0.68 A |
| ขณะมอเตอร์หมุนขึ้นลง | 0.2 V | 0.9 A |
| ขณะมอเตอร์หมุนซ้ายขวา | 0.18 V | 0.818 A |

4.2 ผลการทดลองการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ของชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาที่ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2544

| เวลาที่การทดลอง | เวลาที่ใช้ในการหาตำแหน่ง วินาที | จำนวน LDR ที่รับแสงเต็มที หลังการตรวจจับตำแหน่ง |
|-----------------|------------------------------------|--|
| 8.00 น. | 15 | 4 |
| 9.00 น. | 6 | 4 |
| 10.00 น. | 7 | 4 |
| 11.00 น. | 6 | 4 |
| 12.00 น. | 6 | 4 |
| 13.00 น. | 6 | 4 |
| 14.00 น. | 7 | 4 |
| 15.00 น. | 7 | 4 |
| 16.00 น. | 8 | 4 |
| 17.00 น. | - | 2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ วันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2544

| เวลาทำการทดลอง | เวลาที่ใช้ในการหาตำแหน่ง วินาที | จำนวน LDR ที่รับแสงเต็มที่ หลังการตรวจจับตำแหน่ง |
|----------------|------------------------------------|---|
| 8.00 น. | 13 | 4 |
| 9.00 น. | 6 | 4 |
| 10.00 น. | 7 | 4 |
| 11.00 น. | 8 | 4 |
| 12.00 น. | 7 | 4 |
| 13.00 น. | 6 | 4 |
| 14.00 น. | 7 | 4 |
| 15.00 น. | 7 | 4 |
| 16.00 น. | 10 | 4 |
| 17.00 น. | 8 | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาที่ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆ วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2544

| เวลาทำการทดลอง | เวลาที่ใช้ในการหาดำแหน่ง วินาที | จำนวน LDR ที่รับแสงเต็มที่ หลังการตรวจจับตำแหน่ง |
|----------------|------------------------------------|---|
| 8.00 น. | 15 | 4 |
| 9.00 น. | 6 | 4 |
| 10.00 น. | 7 | 4 |
| 11.00 น. | 8 | 4 |
| 12.00 น. | 7 | 4 |
| 13.00 น. | 7 | 4 |
| 14.00 น. | 7 | 4 |
| 15.00 น. | 9 | 4 |
| 16.00 น. | 9 | 4 |
| 17.00 น. | 8 | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1) จากตารางที่ 4.1 การที่มอเตอร์เคลื่อนที่ชุดตรวจจับในแนวนอนใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนที่ประมาณ 2 – 3 mA ซึ่งใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่าการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า มอเตอร์เคลื่อนที่ชุดตรวจจับในแนวตั้ง

จากตารางที่ 4.2 การที่มอเตอร์เคลื่อนที่ชุดตรวจจับในแนวตั้ง ในการเคลื่อนที่ชุดตรวจจับจากล่างขึ้นบนใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ประมาณ 26 mA และในการเคลื่อนที่ชุดตรวจจับจากบนลงล่างใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ประมาณ 4-6 mA

สังเกตได้ว่าเนื่องจากแรงดึงดูดโลกมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ในการเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนจะใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์มากที่สุด เนื่องจากมีทอร์กจากน้ำหนักของชุดตรวจจับ ในการเคลื่อนที่จากบนลงล่างจะใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์น้อยการเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบน เนื่องจากการเคลื่อนที่มีทิศทางเดียวกับทอร์กจากน้ำหนักของชุดตรวจจับ

ส่วนในการเคลื่อนที่ในแนวนอนจะใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ค่อนข้างคงที่ทั้งหมุนทางซ้ายและทางขวา เนื่องจากมีทอร์กจากความเสียดทานจากเบรค ในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์เท่านั้น

- 2) จากตารางที่ 4.3 ขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน ปริมาณกระแสที่จ่ายให้กับวงจรมีค่า 0.68 A
ขณะที่มอเตอร์หมุนขึ้นลง ปริมาณกระแสที่จ่ายให้กับวงจรมีค่า 0.9 A
ขณะที่มอเตอร์หมุนซ้ายขวา ปริมาณกระแสที่จ่ายให้กับวงจรมีค่า 0.818A

ซึ่งจากผลการทดลองตารางที่ 4.3 ปริมาณกระแสที่จ่ายให้กับวงจรในสถานะต่างๆ สัมพันธ์กับผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

3) จากตารางผลการทดลองที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการหาค่าแห่งดวงอาทิตย์ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าเวลาที่ 8.00 น. เป็นเวลาเริ่มต้นหาค่าแห่งดวงอาทิตย์ครั้งแรกดังนั้นการกระจัดจากจุดเริ่มต้นหาค่าแห่งดวงอาทิตย์ถึงตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ถูกตั้งจึงมีค่ามากที่สุด ระยะเวลาในการหาค่าแห่งดวงอาทิตย์ที่ถูกตั้งจึงใช้เวลานานที่สุด และจากผลการทดลองตารางที่ 4.4 วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2544 เวลา 17.00 น. ไม่สามารถหาค่าแห่งได้เนื่องจากปริมาณแสงน้อยเกินกว่าจะสามารถหาค่าแห่งดวงอาทิตย์ได้

4) การทำโครงการเรื่อง “ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์” นี้จะเห็นได้ว่า ผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือสามารถที่จะติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ได้ด้วยหลักการบังเงาโดยใช้ LDR ตรวจจับความเข้มแสงแล้วส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประมวลผล ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ เพื่อให้ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่ไปอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับแผงโซลาร์ เซลล์เพื่อให้ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุด โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยในการติดตามตำแหน่ง ดวงอาทิตย์ 6-10 วินาที ซึ่งตำแหน่งที่ตรวจจับได้อาจจะคลาดเคลื่อนเล็กน้อย เพราะว่าการจัดวาง LDR แต่ละตัวบนชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีระยะห่างจากฉากกันไม่เท่ากัน และ LDR แต่ละตัวมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ไม่เหมือนกันทำให้ความต้านทานที่ลดลงจากการรับแสงมีค่าไม่เท่า กันส่งผลให้ข้อมูลที่นำไปประมวลผลมีค่าผิดพลาดได้ นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างของ ชุดติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่สร้างไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งข้อจำกัดในการ เขียนโปรแกรม

วงจรส่วนต่างๆสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างดี ได้แก่ วงจรตรวจจับตำแหน่งด้วยแสง อินฟราเรด สามารถจำกัดการหมุนของมอเตอร์ให้อยู่ในช่วงที่จำกัดได้ ส่วนของฐานเวลาสามารถที่จะ กำหนดช่วงเวลาในการตรวจหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งสั่งให้ชุด ติดตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์หยุดการทำงานในช่วงเวลากลางคืนด้วย

5.2 แนวทางการพัฒนา

1) ส่วนของโครงสร้างระบบควรออกแบบให้แข็งแรงและได้มาตรฐาน จะทำให้มีความ แม่นยำในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่

2) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ต้องทำงานกลางแดด ทำให้อุปกรณ์บางตัวทำงานได้ไม่ ถูกต้อง และการระบายความร้อนทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรทำอุปกรณ์ที่มีลักษณะที่บดบัง แสง เพื่อป้องกันความร้อนให้กับวงจรของระบบ

3) ช่วงเวลาในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ต้องมีการทดสอบร่วมกับเซลล์แสง อาทิตย์ว่าควรที่จะกำหนดช่วงเวลานานเท่าไรในการตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์ 1 ครั้ง เพื่อให้คุ้ม กับพลังงานที่ต้องสูญเสียไปในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์

4) การตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในโครงการนี้ใช้ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง (LDR) ซึ่งมีความละเอียดในการทำงานน้อยทำให้ยากต่อการปรับตั้งชุดตรวจจับตำแหน่งของดวง อาทิตย์ ดังนั้นในกรณีเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควรใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดในการทำงานมากกว่ามาใช้แทน

5) ในการประยุกต์ใช้งานชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ สามารถที่จะใช้ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพียงชุดเดียว ต่อแผงโซลาร์เซลล์หลายแผง เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน

6) ในโครงการงานชิ้นนี้ยังต้องการกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับวงจรอยู่มากในส่วนที่ควรปรับปรุงคือ ในส่วนค่าของความต้านทาน R7,R4 (ในรูปที่ 3.7) ยังปรับปรุงให้มีค่ามากๆ ได้ เนื่องจากเป็นความต้านทานปรับค่าได้ที่ต้องแบ่งแรงดันเท่านั้น เมื่อพิจารณาจากวงจรเปรียบเทียบทั้งหมดที่ความต้านทาน R7,R4 (ในรูปที่ 3.7) ต้องเพื่อแบ่งแรงดันทั้งหมด 48 ตัว ต่อक्रमระหว่าง Vcc 5V กับ Gnd ในโครงการงานชิ้นนี้ใช้ R7 และ R4 มีค่าเท่ากับ 10k Ohm วิธีคำนวณเฉพาะกระแสที่ไหลผ่าน R7 และ R4 คือ

$$5/(R7/48) = I_{\text{ที่ไหลผ่าน R7และ R4}} \text{ ----- สมการที่ 1}$$

$$I_{\text{ที่ไหลผ่าน R7และ R4}} = 5/(10k/48) = 0.024 \text{ A}$$

จากสมการที่ 1 จะสังเกตเห็นว่าถ้าเราเพิ่มค่า R7 และ R4 ให้มากขึ้นจะทำให้ค่า $I_{\text{ที่ไหลผ่าน R7และ R4}}$ ลดน้อยลงทำให้ประหยัดกระแสไฟฟ้าให้การจ่ายให้วงจรได้มาก

7) ในส่วนของ LDR ตรวจจับตำแหน่งเราสามารถลดจำนวนลง 8 ตัว เหลือ 4 ตัวต่อแผงได้ เนื่องจากจากการทดลองเขียนควบคุมด้วยโปรแกรมแล้วพบว่าการตรวจจับตำแหน่งจาก LDR 4 ตัวมีประสิทธิภาพดีกว่าการตรวจจับตำแหน่งด้วย LDR 8 ตัว เพราะว่า การตรวจจับด้วย LDR 8 ตัว โปรแกรมต้องเช็คเงื่อนไขในการตรวจจับตำแหน่งนาน และการที่ต้องมีการตรวจจับตำแหน่งที่ซับซ้อนจาก LDR 8 ตัวทำให้ตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่ตรวจจับได้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง การตรวจจับด้วย LDR 4 ตัว มีข้อดีคือ ตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้เร็วและแม่นยำ โปรแกรมไม่ซับซ้อน ลดต้นทุนของเครื่องต้นแบบ การลดจำนวนลง 8 ตัว เหลือ 4 ตัวต่อแผงต่อผลต่อเนื่องทำให้วงจรเปรียบเทียบลดน้อยลงด้วย

8) เนื่องจากในโครงการงานชิ้นนี้ LDR 1 ตัวจะมีวงจรเปรียบเทียบ 2 ชุด คือให้ ออปแอมป์ 2 ตัว ตัวหนึ่งใช้เพื่อเปรียบเทียบในกรณีที่แสงแดดจ้า อีกตัวหนึ่งใช้เพื่อเปรียบเทียบในกรณีที่มีเมฆมาบังดวงอาทิตย์แต่เนื่องจากกรณีที่เมฆมาบังดวงอาทิตย์ทำให้ปริมาณแสงที่ทอดลงมาบน LDR มีค่าไม่มากพอที่จะทำให้ LDR เกิดการเปลี่ยนความต้านทานภายในตัวมันเอง พอที่ใช้เป็นขอมูลในการใช้ในการตรวจจับตำแหน่งได้ วงจรเปรียบเทียบชุดหนึ่งจึงไม่ได้ใช้ประโยชน์ซึ่งสามารถตัดวงจรส่วนนี้ออกไปได้ช่วยลดต้นทุนของเครื่องต้นแบบได้อีกทางหนึ่ง

ภาคผนวก กโปรแกรม

```

ORG 0000H
RS EQU P1.0
RW EQU P1.1
E EQU P1.2

```

```

;*****;

```

```

JMP MAIN

```

```

ORG 0003H

```

```

JMP INT02 ;EXTERNAL 0

```

```

ORG 0013H

```

```

JMP INT12 ;EXTERNAL 1

```

```

;*****MAIN*****;

```

```

ORG 0030H

```

```

MAIN: CALL STOPDOWN ; STOPMOTOR

```

```

CALL STOPUP ; STOPMOTOR

```

```

CALL DELAY4

```

```

MOV DPTR,#0A003H ; SET 8255

```

```

MOV A,#80H

```

```

MOVX @DPTR,A

```

```

MOV DPTR,#09003H ; SET 8255

```

```

MOV A,#9BH

```

```

MOVX @DPTR,A

```

```

MOV DPTR,#08003H ; SET 8255

```

```

MOV A,#9BH

```

```

MOVX @DPTR,A

```

```

MOV A,#5FH

```

```

MOV SP,A

```

```

MOV PSW,#00H

```

```

MOV A,#10000101B

```

```

MOV IE,A

```

```

MOV A,#00H

```

```

MOV IP,A

```

```

MOV R4,#00H ; USE IN COUNT ALARM

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV R3,#00H ; USE FOR COUND MINUTE
MOV R0,#00H ; USE AT START TIME TO
```

SEEK LIGHT

```
CALL DELAY5
```

```
CALL TEAY
```

```
CALL SETTIME ; SET RTC
```

```
CALL ALARM
```

```
; CALL STARTTIME
```

```
CALL ENDTIME ; SET RTC
```

```
CALL STARTSET ; SET MOTOR TO START
```

POSITION

```
X4: CALL READRTC
CALL STARTLCD
CALL RTCTOLCD
```

```
MOV R2,#2DH
```

```
MOV A,R4
```

```
ZERO1: DEC A
```

```
DJNZ R2,ZERO1
```

```
JNZ OUTR41
```

```
;CJNE,R4,#1EH,OUTR41
```

```
CALL STARTLCD ; WORKING LOOP
```

```
MOV A,#'N'
```

```
CALL LCDWRITE
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV A,#'O'
```

```
CALL LCDWRITE
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV A,#'K'
```

```
CALL LCDWRITE
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV R4,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL COM8000
CALL COM8002
CALL COM9001
CALL DETECT
CALL DETECT_1
CALL DETECT_2

```

```
OUTR41: CALL DELAY4
```

```

CALL DELAY4
CALL DELAY4

```

```

MOV R2,#10H
MOV A,R3
ZERO2: DEC A
DJNZ R2,ZERO2
JNZ OTR31
CALL STARTLCD
MOV A,#'T'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'A'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'R'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1

```

```

MOV R3,#00H
MOV R4,#00H

```

```

CALL DELAY4
CALL DELAY4
CALL DELAY4
CALL ALARM

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTR31: JMP X4

;*****TEAY&ART*****;

TEAY: CALL STARTLCD ;SET LCD

MOV A,#'T'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'E'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'A'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'Y'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'&'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'A'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'R'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY1

MOV A,#'T'

CALL LCDWRITE

CALL DELAY5

CALL DELAY5

RET

;*****RTCTOLCD*****;

RTCTOLCD: CALL HOUR

CALL MINUTE

CALL SEC

RET

;*****HOUR*****;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

HOUR:  MOV DPTR,#0C004H
        MOVX A,@DPTR
        MOV R5,A
        SWAP A
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,R5
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,#':'
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        RET
;*****MINUTE*****;
MINUTE: MOV DPTR,#0C002H
        MOVX A,@DPTR
        MOV R5,A
        SWAP A
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,R5
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,#':'
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*****SEC*****
```

```
SEC: MOV DPTR,#0C000H
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
MOV R5,A
```

```
SWAP A
```

```
ORL A,#00110000B
```

```
ANL A,#00111111B
```

```
CALL LCDWRITE
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV A,R5
```

```
ORL A,#00110000B
```

```
ANL A,#00111111B
```

```
CALL LCDWRITE
```

```
CALL DELAY1
```

```
RET
```

```
*****READRTC*****
```

```
READRTC: MOV DPTR,#0C000H
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
RET
```

```
*****STARTLCD*****
```

```
STARTLCD: CLR RS
```

```
CLR RW
```

```
CLR E
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV A,#00111000B ; SET FUNCTIME
```

```
CALL LCDSET
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV A,#0000100B ; SET MODE
```

```
CALL LCDSET
```

```
CALL DELAY1
```

```
MOV A,#00001100B ; SET DISPLAY
```

```
CALL LCDSET
```

```
CALL DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#0000001B ; CLEAR DISPLAY
CALL LCDSET
CALL DELAY1

```

```

MOV A,#80H ; SET ADDRESS
CALL LCDSET
CALL DELAY1
RET

```

```

;*****SETTIME*****;

```

```

SETTIME: MOV DPTR,#0C00CH ; CLEAR REGISTER C
MOVX A,@DPTR

```

```

MOV DPTR,#0C00AH ; SET REGISTER A
MOV A,#00100001B ; SQW = 122.070 US
MOVX @DPTR,A

```

```

MOV DPTR,#0C00BH ; SET REGISTER B
MOV A,#10001010B
MOVX @DPTR,A
RET

```

```

;*****ALARMSEC*****;

```

```

ALARM: MOV DPTR,#0C001H ; SET ALARM SECONDS
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A

```

```

MOV DPTR,#0C003H ; SET MINUTES ALARMS
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A

```

```

MOV DPTR,#0C005H ; SET HOURS ALARM
MOV A,#07H
MOVX @DPTR,A
RET

```

;*****STARTTIME*****;

STARTTIME: MOV DPTR,#0C000H ; SET SECONDS

MOV A,#00H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#0C002H ; SET MINUTES

MOV A,#50H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#0C004H ; SET HOURS

MOV A,#05H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#0C006H ; SET DAYS OF THE
WEEK

MOV A,#03H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#0C007H ; SET DAYS OF THE
MONTH

MOV A,#27H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#0C008H ; SET MONTH

MOV A,#12H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#0C009H ; SET YEAR

MOV A,#00H

MOVX @DPTR,A

RET

;*****ENDTIME*****;

ENDTIME: MOV DPTR,#0C00BH ; SET REGISTER B

MOV A,#00101010B

MOVX @DPTR,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

;*****EXTERNAL 0 *****;

INT02: CALL TEAY

MOV DPTR,#0C00CH ; CLEAR REGISTER C

MOVX A,@DPTR

MOV A,R4

ADD A,#01D ; USE R4 FOR COUNDDOWN

TO THE WORKING TIME

MOV R4,A

MOV R2,#2DH

MOV A,R4

ZERO: DEC A

DJNZ R2,ZERO

JNZ OUT45

MOV A,R3 ; USE R3 FOR COUNDDOWN TO

RESTART

ADD A,#01D

;DA A

MOV R3,A

OUT45: CALL STARTLCD

CALL SHOW

CALL ALARMINT

CALL DELAY5

CALL DELAY5

RETI

;*****EXTERNAL 1 *****;

INT12: CLR IE.2 ; DISABLE INT1

MOV DPTR,#0C00AH ; SET REGISTER A STOP

OSCILLATOR

MOV A,#0000001B ; SQW = 122.070 US

MOVX @DPTR,A

CALL STARTLCD

CALL READRTC

CALL RTCTOLCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

```

CALL SHIFT
AGAIN1: JNB P1.3,AGAIN1
POLL: CALL STARTLCD
CALL SECWRITE
CALL SEC1
CALL SHIFT
CALL PORT3_4
CALL DELAY2
CALL :DELAY2
CALL DELAY2
CALL DELAY2
JB P1.3,POLL
AGAIN2: JNB P1.3,AGAIN2
SETB IE.2
MOV DPTR,#0C00AH ; SET REGISTER A START
OSCILLATOR
MOV A,#00100001B ; SQW = 122.070 US
MOVX @DPTR,A
CALL STARTLCD
CALL READRTC
CALL RTCTOLCD
RETI
;*****PORT3_4*****;
PORT3_4: JB P3.4,OUTPORT3_4
G1: JNB P3.4,G1
POR3: CALL STARTLCD
CALL MINWRITE
CALL MINUTE1
CALL SHIFT
CALL SHIFT
CALL PORT3_44
JNB P1.3,OUTPORT3_4
CALL DELAY2
CALL DELAY2
CALL DELAY2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL DELAY2
JMP POR3
OUTPORT3_4: RET
;*****PORT3_4*****;
PORT3_44: JB P3.4,OUTPORT3_44
G2: JNB P3.4,G2
POR34: CALL STARTLCD
CALL HOUWRITE
CALL HOUR1
CALL SHIFT
CALL SHIFT
JNB P1.3,OUTPORT3_44
CALL DELAY2
CALL DELAY2
CALL DELAY2
CALL DELAY2
JMP POR34
OUTPORT3_44: RET
;*****SHIFP*****;
SHIFT: MOV A,#00001110B ; SET DISPLAY
CALL LCDSET
CALL DELAY1
MOV A,#00010011B ; CURSOR OR DISPLAY
SHIFT
CALL LCDSET
CALL DELAY1
RET
;*****HOUWRITE*****;
HOUWRITE: MOV A,#'H'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'O'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'U'

```

```

CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#' '
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#':'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#' '
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
RET
;*****MINWRITE*****;
MINWRITE: MOV A,#'M'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'I'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'N'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#' '
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#':'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#' '
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
RET
;*****SECWRITE*****;
SECWRITE: MOV A,#'S'
CALL LCDWRITE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL DELAY1
MOV A,#'E'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#'C'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#' '
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#':'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#' '
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
RET
*****HOUR*****
HOUR1: MOV DPTR,#0C004H
MOVX A,@DPTR
MOV R5,A
CALL NEWHO
SWAP A
ORL A,#00110000B
ANL A,#00111111B
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,R5
ORL A,#00110000B
ANL A,#00111111B
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1
MOV A,#':'
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RET
;*****MINUTE*****;
MINUTE1: MOV DPTR,#0C002H
        MOVX A,@DPTR
        MOV R5,A
        CALL NEWMIN
        SWAP A
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,R5
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,#:
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        RET
;*****SEC*****;
SEC1: MOV DPTR,#0C000H
        MOVX A,@DPTR
        MOV R5,A
        CALL NEWSEC
        SWAP A
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1
        MOV A,R5
        ORL A,#00110000B
        ANL A,#00111111B
        CALL LCDWRITE
        CALL DELAY1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

;*****NEWSEC*****;

NEWSEC: JB P3.5,OUTNEWSEC

G3: JNB P3.5,G3

MOV A,R5

ADD A,#01H

DA A

CJNE A,#60H,G4

MOV A,#00H

G4: MOV DPTR,#0C000H

MOVX @DPTR,A

MOV A,R5

OUTNEWSEC: RET

;*****NEWMIN*****;

NEWMIN: JB P3.5,OUTNEWMIN

G32: JNB P3.5,G32

MOV A,R5

ADD A,#01H

DA A

CJNE A,#60H,G42

MOV A,#00H

G42: MOV DPTR,#0C002H

MOVX @DPTR,A

MOV A,R5

OUTNEWMIN: RET

;*****NEWHO*****;

NEWHO: JB P3.5,OUTNEWHO

G31: JNB P3.5,G31

MOV A,R5

ADD A,#01H

DA A

CJNE A,#24H,G41

MOV A,#00H

G41: MOV DPTR,#0C004H

MOVX @DPTR,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,R5
OUTNEWHO: RET
;*****ALARMSEC*****;
ALARM2: MOV DPTR,#0C001H ; SET ALARM SECONDS
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0C003H ; SET MINUTES ALARMS
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0C005H ; SET HOURS ALARM
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
RET
;*****ALARMSEC*****;
ALARMINT: MOV DPTR,#0C001H ; SET ALARM SECONDS
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0C003H ; SET MINUTES ALARMS
MOV A,#0FFH
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#0C005H ; SET HOURS ALARM
MOV A,#0FFH
MOVX @DPTR,A
RET
;*****INPUT*****;
INPUT901: MOV DPTR,#9001H
MOVX A,@DPTR
ANL A,#01010101B
MOV R1,A
RET
;*****INPUT*****;
INPUT800: MOV DPTR,#8000H
MOVX A,@DPTR
ANL A,#01010101B
MOV R1,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

;*****INPUT*****;

INPUT802: MOV DPTR,#8002H

MOVX A,@DPTR

ANL A,#01010101B

MOV R1,A

RET

;*****DETECT POSITION*****;

DETECT: CALL INPUT802

CJNE R1,#01010101B,OUDETECT

JMP STOP

OUDETECT: CALL INPUT901

CJNE R1,#01010101B,DETECT1

JMP STOP

DETECT1: CALL INPUT800

DET: CJNE R1,#00000000B,DET1

JMP STOP

DET1: CJNE R1,#00000001B,DET2

CALL SEN_17

CALL SEN_15

JMP EXDETECT

DET2: CJNE R1,#00000100B,DET3

CALL SEN_17

CALL SEN_14

JMP EXDETECT

DET3: CJNE R1,#00010000B,DET4

CALL SEN_16

CALL SEN_14

JMP EXDETECT

DET4: CJNE R1,#01000000B,DET5

CALL SEN_16

CALL SEN_15

JMP EXDETECT

DET5: CJNE R1,#00000101B,DET6

CALL SEN_17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JMP EXDETECT
DET6: CJNE R1,#00010100B,DET7
      CALL SEN_14
      JMP EXDETECT
DET7: CJNE R1,#01010000B,DET8
      CALL SEN_16
      JMP EXDETECT
DET8: CJNE R1,#01000001B,DET9
      CALL SEN_15
      JMP EXDETECT
DET9: CJNE R1,#00010101B,DET10
      CALL SEN_17
      CALL SEN_14
      JMP EXDETECT
DET10: CJNE R1,#01010100B,DET11
      CALL SEN_16
      CALL SEN_14
      JMP EXDETECT
DET11: CJNE R1,#01010001B,DET12
      CALL SEN_16
      CALL SEN_15
      JMP EXDETECT
DET12: CJNE R1,#01000101B,EXDETECT
      CALL SEN_17
      CALL SEN_15
EXDETECT: CJNE R1,#01010101B,AGDETECT
          STOP: RET
AGDETECT: JMP DETECT1
          ;*****DETECT POSITION*****;
DETECT_1: CALL INPUT800
          CJNE R1,#01010101B,OUDETT_1
          JMP STOP_1
OUDETT_1: CALL INPUT901
          CJNE R1,#01010101B,DETT1
          JMP STOP_1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DETT1: CALL INPUT802
DET_1: CJNE R1,#00000000B,DET1_1
      JMP STOP_1
DET1_1: CJNE R1,#00000001B,DET2_1
      CALL SEN_17
      CALL SEN_15
      JMP EXDETT_1
DET2_1: CJNE R1,#00000100B,DET3_1
      CALL SEN_17
      CALL SEN_14
      JMP EXDETT_1
DET3_1: CJNE R1,#00010000B,DET4_1
      CALL SEN_16
      CALL SEN_14
      JMP EXDETT_1
DET4_1: CJNE R1,#01000000B,DET5_1
      CALL SEN_16
      CALL SEN_15
      JMP EXDETT_1
DET5_1: CJNE R1,#00000101B,DET6_1
      CALL SEN_17
      JMP EXDETT_1
DET6_1: CJNE R1,#00010100B,DET7_1
      CALL SEN_14
      JMP EXDETT_1
DET7_1: CJNE R1,#01010000B,DET8_1
      CALL SEN_16
      JMP EXDETT_1
DET8_1: CJNE R1,#01000001B,DET9_1
      CALL SEN_15
      JMP EXDETT_1
DET9_1: CJNE R1,#00010101B,DET10_1
      CALL SEN_17
      CALL SEN_14
      JMP EXDETT_1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DET10_1: CJNE R1,#01010100B,DET11_1
```

```
    CALL SEN_16
```

```
    CALL SEN_14
```

```
    JMP EXDETT_1
```

```
DET11_1: CJNE R1,#01010001B,DET12_1
```

```
    CALL SEN_16
```

```
    CALL SEN_15
```

```
    JMP EXDETT_1
```

```
DET12_1: CJNE R1,#01000101B,EXDETT_1
```

```
    CALL SEN_17
```

```
    CALL SEN_15
```

```
EXDETT_1: CJNE R1,#01010101B,AGDETT_1
```

```
    STOP_1: RET
```

```
AGDETT_1: JMP DETT1
```

```
    ;*****DETECT POSITION*****;
```

```
DETECT_2: CALL INPUT802
```

```
    CJNE R1,#01010101B,OUDETT_2
```

```
    JMP STOP_2
```

```
OUDETT_2: CALL INPUT800
```

```
    CJNE R1,#01010101B,DETT2
```

```
    JMP STOP_2
```

```
DETT2: CALL INPUT901
```

```
DET_2: CJNE R1,#00000000B,DET1_2
```

```
    JMP STOP_2
```

```
DET1_2: CJNE R1,#00000001B,DET2_2
```

```
    CALL SEN_17
```

```
    CALL SEN_15
```

```
    JMP EXDETT_2
```

```
DET2_2: CJNE R1,#00000100B,DET3_2
```

```
    CALL SEN_17
```

```
    CALL SEN_14
```

```
    JMP EXDETT_2
```

```
DET3_2: CJNE R1,#00010000B,DET4_2
```

```
    CALL SEN_16
```

```
    CALL SEN_14
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JMP EXDETT_2
DET4_2: CJNE R1,#01000000B,DET5_2
        CALL SEN_16
        CALL SEN_15
        JMP EXDETT_2
DET5_2: CJNE R1,#00000101B,DET6_2
        CALL SEN_17
        JMP EXDETT_2
DET6_2: CJNE R1,#00010100B,DET7_2
        CALL SEN_14
        JMP EXDETT_2
DET7_2: CJNE R1,#01010000B,DET8_2
        CALL SEN_16
        JMP EXDETT_2
DET8_2: CJNE R1,#01000001B,DET9_2
        CALL SEN_15
        JMP EXDETT_2
DET9_2: CJNE R1,#00010101B,DET10_2
        CALL SEN_17
        CALL SEN_14
        JMP EXDETT_2
DET10_2: CJNE R1,#01010100B,DET11_2
        CALL SEN_16
        CALL SEN_14
        JMP EXDETT_2
DET11_2: CJNE R1,#01010001B,DET12_2
        CALL SEN_16
        CALL SEN_15
        JMP EXDETT_2
DET12_2: CJNE R1,#01000101B,EXDETT_2
        CALL SEN_17
        CALL SEN_15
EXDETT_2: CJNE R1,#01010101B,AGDETT_2
STOP_2: RET
AGDETT_2: JMP DETT2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***** 8000H & 8002H *****

COM8000: MOV DPTR,#8000H

MOVX A,@DPTR

ANL A,#01010101B

MOV R1,A

MOV DPTR,#8002H

MOVX A,@DPTR

ANL A,#01010101B

CJNE R1,#01010101B,COM_2

JMP OUTCOM_2

COM_2: CJNE R1,#00000000B,COM1_2

CJNE A,#00000000B,OUTCO1_2 ; OTHER

COMPLEAR

MOV R0,#02H

JMP OUTCOM_2

COM1_2: CJNE R1,#00000001B,COM2_2

CJNE A,#00000001B,OUTCO1_2

CALL DETECT_1

JMP OUTCOM_2

COM2_2: CJNE R1,#00000100B,COM3_2

CJNE A,#00000100B,OUTCO1_2

CALL DETECT_1

JMP OUTCOM_2

COM3_2: CJNE R1,#00010000B,COM4_2

CJNE A,#00010000B,OUTCO1_2

CALL DETECT_1

JMP OUTCOM_2

OUTCO1_2: JMP OUTCOM_2

COM4_2: CJNE R1,#01000000B,COM5_2

CJNE A,#01000000B,OUTCOM_2

CALL DETECT_1

JMP OUTCOM_2

COM5_2: CJNE R1,#00000101B,COM6_2

CJNE A,#00000101B,OUTCOM_2

CALL DETECT_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JMP OUTCOM_2
COM6_2: CJNE R1,#00010100B,COM7_2
        CJNE A,#00010100B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
        JMP OUTCOM_2
COM7_2: CJNE R1,#01010000B,COM8_2
        CJNE A,#01010000B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
        JMP OUTCOM_2
COM8_2: CJNE R1,#01000001B,COM9_2
        CJNE A,#01000001B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
        JMP OUTCOM_2
COM9_2: CJNE R1,#00010101B,COM10_2
        CJNE A,#00010101B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
        JMP OUTCOM_2
COM10_2: CJNE R1,#01010100B,COM11_2
        CJNE A,#01010100B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
        JMP OUTCOM_2
COM11_2: CJNE R1,#01010001B,COM12_2
        CJNE A,#01010001B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
        JMP OUTCOM_2
COM12_2: CJNE R1,#01000101B,OUTCOM_2
        CJNE A,#01000101B,OUTCOM_2
        CALL DETECT_1
OUTCOM_2: RET
;***** 8002H & 9001H *****;
COM8002: MOV DPTR,#8002H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#01010101B
        MOV R1,A
        MOV DPTR,#9001H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVX A,@DPTR
ANL A,#01010101B
CJNE R1,#01010101B,COM_1
JMP OUTCOM_1
COM_1: CJNE R1,#00000000B,COM1_1
      CJNE A,#00000000B,OUTCO1_1 ; OTHER
COMPLEAR

```

```

MOV :R0,#02H
JMP OUTCOM_1
COM1_1: CJNE R1,#00000001B,COM2_1
        CJNE A,#00000001B,OUTCO1_1
        CALL DETECT_2
        JMP OUTCOM_1
COM2_1: CJNE R1,#00000100B,COM3_1
        CJNE A,#00000100B,OUTCO1_1
        CALL DETECT_2
        JMP OUTCOM_1
COM3_1: CJNE R1,#00010000B,COM4_1
        CJNE A,#00010000B,OUTCO1_1
        CALL DETECT_2
        JMP OUTCOM_1
OUTCO1_1: JMP OUTCOM_1
COM4_1: CJNE R1,#01000000B,COM5_1
        CJNE A,#01000000B,OUTCOM_1
        CALL DETECT_2
        JMP OUTCOM_1

```

```

COM5_1: CJNE R1,#00000101B,COM6_1
        CJNE A,#00000101B,OUTCOM_1
        CALL DETECT_2
        JMP OUTCOM_1

```

```

COM6_1: CJNE R1,#00010100B,COM7_1
        CJNE A,#00010100B,OUTCOM_1
        CALL DETECT_2
        JMP OUTCOM_1

```

```

COM7_1: CJNE R1,#01010000B,COM8_1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE A,#01010000B,OUTCOM_1
CALL DETECT_2
JMP OUTCOM_1
COM8_1: CJNE R1,#01000001B,COM9_1
CJNE A,#01000001B,OUTCOM_1
CALL DETECT_2
JMP OUTCOM_1
COM9_1: CJNE R1,#00010101B,COM10_1
CJNE A,#00010101B,OUTCOM_1
CALL DETECT_2
JMP OUTCOM_1
COM10_1: CJNE R1,#01010100B,COM11_1
CJNE A,#01010100B,OUTCOM_1
CALL DETECT_2
JMP OUTCOM_1
COM11_1: CJNE R1,#01010001B,COM12_1
CJNE A,#01010001B,OUTCOM_1
CALL DETECT_2
JMP OUTCOM_1
COM12_1: CJNE R1,#01000101B,OUTCOM_1
CJNE A,#01000101B,OUTCOM_1
CALL DETECT_2
OUTCOM_1: RET
;***** 9001H & 8000H *****;
COM9001: MOV DPTR,#9001H
MOVX A,@DPTR
ANL A,#01010101B
MOV R1,A
MOV DPTR,#8000H
MOVX A,@DPTR
ANL A,#01010101B
CJNE R1,#01010101B,COM
JMP OUTCOM
COM: CJNE R1,#00000000B,COM1

```

```

CJNE A,#00000000B,OUTCO1 ; OTHER
COMPLEAR
MOV R0,#02H
JMP OUTCOM
COM1: CJNE R1,#00000001B,COM2
      CJNE A,#00000001B,OUTCO1
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
COM2: CJNE R1,#00000100B,COM3
      CJNE A,#00000100B,OUTCO1
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
COM3: CJNE R1,#00010000B,COM4
      CJNE A,#00010000B,OUTCO1
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
OUTCO1: JMP OUTCOM
COM4: CJNE R1,#01000000B,COM5
      CJNE A,#01000000B,OUTCOM
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
COM5: CJNE R1,#00000101B,COM6
      CJNE A,#00000101B,OUTCOM
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
COM6: CJNE R1,#00010100B,COM7
      CJNE A,#00010100B,OUTCOM
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
COM7: CJNE R1,#01010000B,COM8
      CJNE A,#01010000B,OUTCOM
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM
COM8: CJNE R1,#01000001B,COM9
      CJNE A,#01000001B,OUTCOM

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL DETECT
JMP OUTCOM

COM9: CJNE R1,#00010101B,COM10
      CJNE A,#00010101B,OUTCOM
      CALL DETECT
      JMP OUTCOM

COM10: CJNE R1,#01010100B,COM11
       CJNE A,#01010100B,OUTCOM
       CALL DETECT
       JMP OUTCOM

COM11: CJNE R1,#01010001B,COM12
       CJNE A,#01010001B,OUTCOM
       CALL DETECT
       JMP OUTCOM

COM12: CJNE R1,#01000101B,OUTCOM
       CJNE A,#01000101B,OUTCOM
       CALL DETECT
OUTCOM: RET
        ;*****LOOP SENSOR & MOTOR*****;
SEN_16: JNB P1.6,EX_16      ; LOOP CHECK SENSOR
P1.6
        CALL LEFTUP        ; MOTOR UP MOVE TO LEFT
        CALL DELAY3
        CALL DELAY3
        CALL STOPUP

EX_16: RET
        ;*****LOOP SENSOR & MOTOR*****;
SEN_17: JNB P1.7,EX_17      ; LOOP CHECK SENSOR
P1.7
        CALL RIGHTUP       ; MOTOR UP MOVE TO
RIGHT
        CALL DELAY3
        CALL DELAY3
        CALL STOPUP

EX_17: RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****LOOP SENSOR & MOTOR *****;
SEN_15: JB P1.4,EX_15 ; LOOP CHECK SENSOR
P1.4
CALL LEFTDOWN ; MOTOR UP MOVE TO
LEFT
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL STOPDOWN
EX_15: RET
;*****LOOP SENSOR & MOTOR *****;
SEN_14: JB P1.5,EX_14 ; LOOP CHECK SENSOR
P1.5
CALL RIGHTDOWN ; MOTOR UP MOVE TO
RIGHT
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL STOPDOWN
EX_14: RET
;*****SEEK SOLAR*****;
SEEKSO: INC R0 ; SET POSITION
SEEKAG: CJNE R0,#01H,EXSEEK
CALL SEN_14
MOV DPTR,#8000H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#00H,EXSEEK
JNB P1.5,SEEKAG
SEEKAG1: CALL SEN_15
MOV DPTR,#8000H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#00H,EXSEEK
JNB P1.4,SEEKAG1
EXSEEK: RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****START SETTING*****; ; SET MOTOR TO
START POSITION
STARTSET: CALL SEN_17
        JB P1.7,STARTSET
P_14:   CALL SEN_15
        JNB P1.4,P_14
        CALL RIGHTDOWN ; MOTOR UP MOVE
TO RIGHT

```

```

CALL DELAY5
CALL DELAY5
CALL DELAY5
CALL DELAY5
CALL DELAY5
CALL STOPDOWN
RET
;*****DELAY*****;
DELAY: MOV R7,#0FFH
X1: DJNZ R7,X1
MOV R7,#0FFH
X2: DJNZ R7,X2
RET
;*****DELAY1*****;
DELAY1: CALL DELAY
CALL DELAY
CALL DELAY
RET

```

```

;*****DELAY2*****;

```

```

DELAY2: CALL DELAY1
CALL DELAY1
CALL DELAY1
RET

```

```

;*****DELAY3*****;

```

```

DELAY3: CALL DELAY2
CALL DELAY2
CALL DELAY2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

```

CALL DELAY2
CALL DELAY2
CALL DELAY2
RET
;*****DELAY4*****;
DELAY4: CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
CALL DELAY3
RET
;*****DELAY5*****;
DELAY5: CALL DELAY4
CALL DELAY4
RET
;*****LCDSET*****;
LCDSET: CLR RS
CLR RW
MOV DPTR,#0A002H
MOVX @DPTR,A
LCALL ENABLE
LCALL DELAY
RET
;*****LCDWRITE*****;
LCDWRITE: SETB RS
CLR RW
MOV DPTR,#0A002H
MOVX @DPTR,A
CALL ENABLE
CALL DELAY
RET
;*****ENABLE*****;
ENABLE: SETB E
NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
CLR E
RET
;*****STOPMOTORDOWN*****;
STOPUP: CLR P2.0
CLR P2.1
RET
;*****LEFT-MOTORDOWN*****;
LEFTUP: SETB P2.0
CLR P2.1
RET
;*****RIGHT-MOTORDOWN*****;
RIGHTUP: CLR P2.0
SETB P2.1
RET
;*****STOPMOTORUP*****;
STOPDOWN: CLR P2.2
CLR P2.3
RET
;*****LEFT-MOTORUP*****;
LEFTDOWN: SETB P2.2
CLR P2.3
RET
;*****RIGHT-MOTORUP*****;
RIGHTDOWN: CLR P2.2
SETB P2.3
RET
;***show r4 ***;
SHOW: MOV A,R4
SWAP A
ORL A,#00110000B
ANL A,#00111111B
CALL LCDWRITE
CALL DELAY1

```

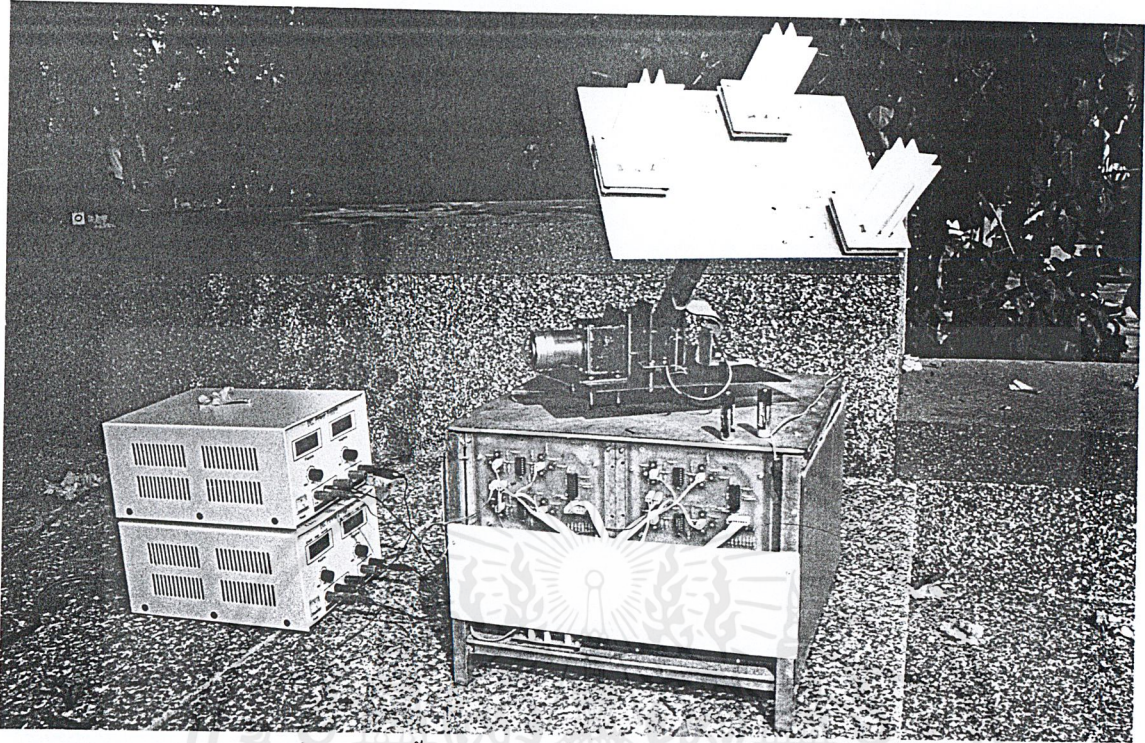
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV A,R4  
ORL A,#00110000B  
ANL A,#00111111B  
CALL LCDWRITE  
CALL DELAY1  
RET  
END
```

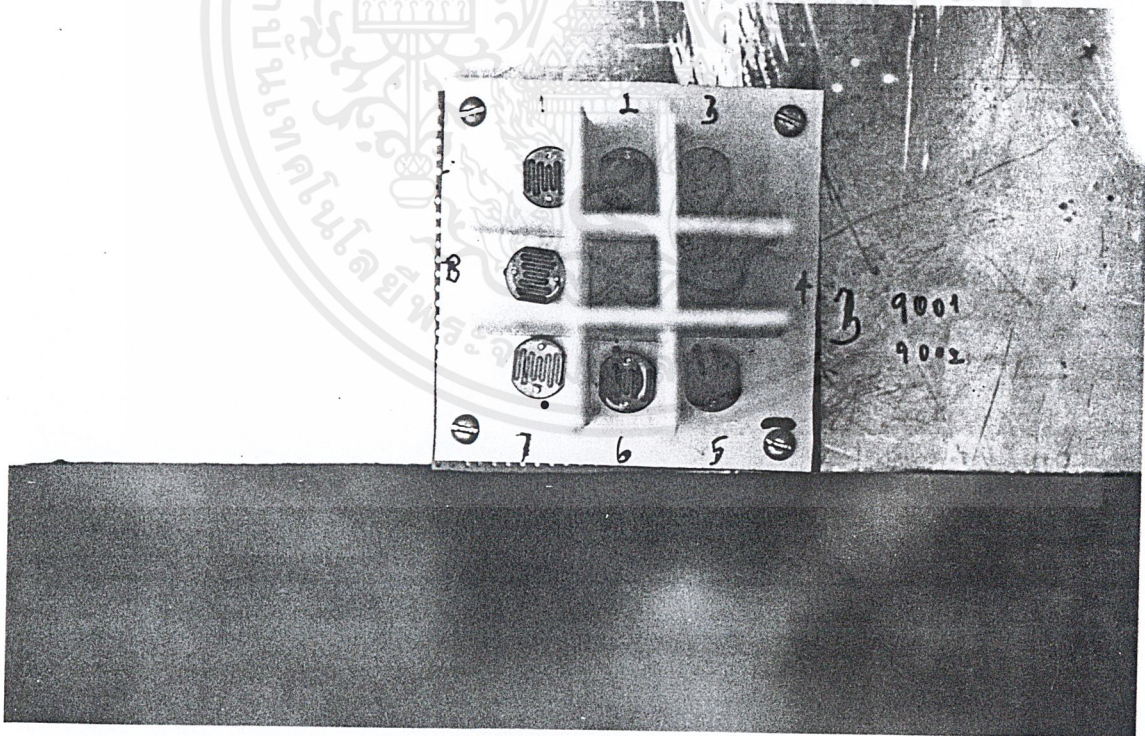


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

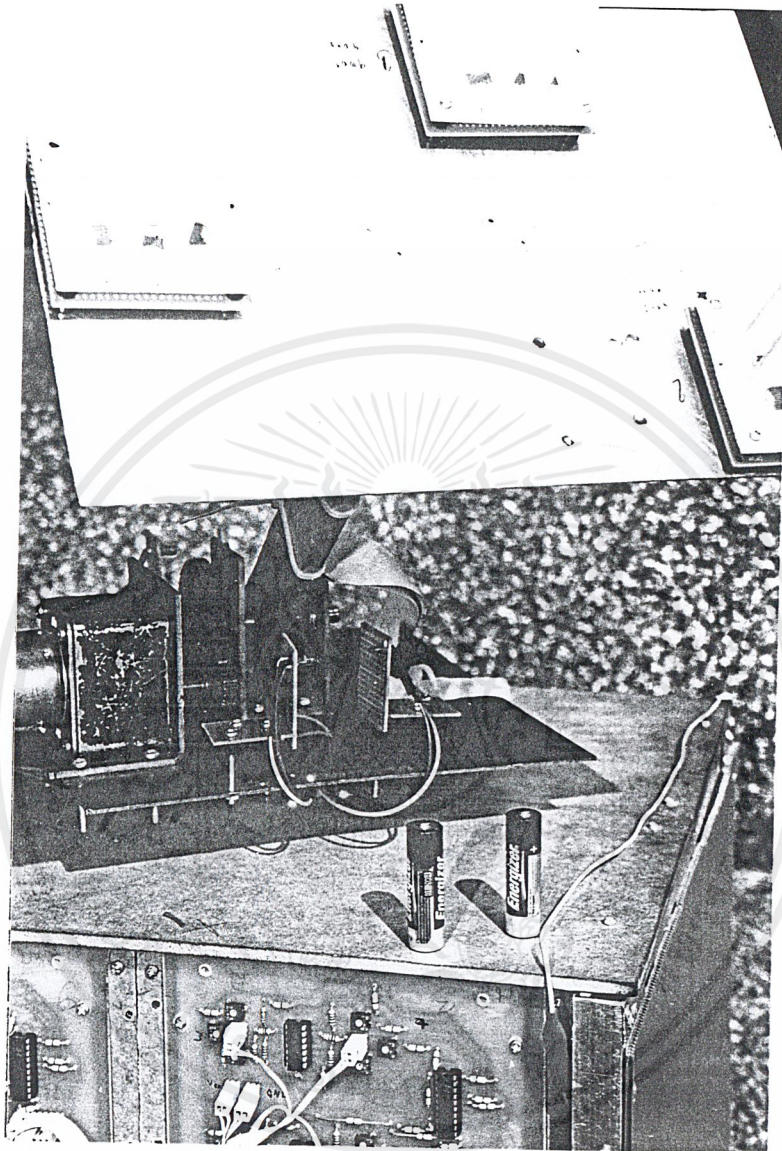


รูปที่ 1 ระบบทั้งหมดของเครื่อง SOLAR TRACKING



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ทิศทางการเคลื่อนที่หาแสงแดดเมื่อเทียบกับถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ดร.ยุทธนา กุณวิฑิต , “ระบบติดตามดวงอาทิตย์สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2526
2. ยุทธ อัครมาศ , “ฟิสิกส์ของระบบเซลล์สุริยะ” , สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534
3. สุทธิศักดิ์ พงษ์ธนาพานิช , “การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล8051” , กรุงเทพฯ , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , 2537
4. Motorola Inc. , “Bipolar Power : Transistor Data” , Motorola Inc. , U.S.A. , 1992



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการและรายงานประกอบโครงการเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้รับการแนะนำและสั่งสอนมาจาก อาจารย์ชัชวาล ชาญตั้ง อีกทั้งได้รับคำแนะนำ การแก้ปัญหา การระดมพลังทางความคิดจากเพื่อนๆที่ร่วมทำงานมาด้วยกัน ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ทุกๆท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในความสำเร็จครั้งนี้ด้วย



(นาย ฐิติสานต์ จิระทาน)

(นาย ทิมพันธุ์ เจริญพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้